

Autorenbeitrag zum BIM Compendium von Michael Küpper

5D-Klinikmodellierung mit BIM- Die Zukunft im Spitalbau

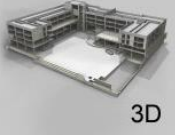
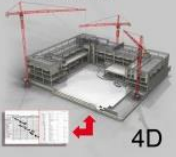

Jedes zweite Krankenhaus schreibt rote Zahlen. Vier Jahre in Folge verschärft sich seit 2011 die wirtschaftliche Situation von Kliniken und erhöht damit den Handlungsdruck, die Effizienz des Klinikbetriebs zu verbessern. Warum kommen Spitäler nicht aus dieser Misere? Warum tut sich die Politik und die Geschäftsführung der Häuser so schwer notwendige Kurskorrekturen vorzunehmen?

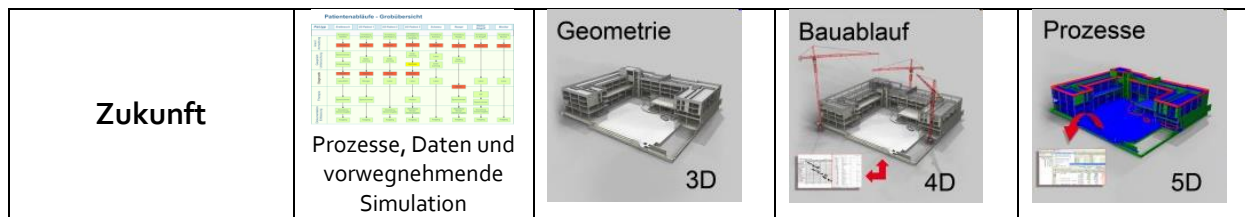
Allen gemeinsam ist, dass sich der gesamte klinische Betrieb innerhalb geometrischer und funktionaler Strukturen abspielt. Davon sind alle Prozesse betroffen: die primären Prozesse der Behandlungspfade sowie sämtliche Unterstützungsprozesse zur Bereitstellung des Gebäudes. Die Effizienz eines Klinikbetriebes hängt maßgeblich von der Durchgängigkeit der Arbeitsprozesse der pflegerischen und ärztlichen Dienste ab. Diese immer gleichen Behandlungsprozesse verlaufen umso effizienter, wenn geometrische Strukturen, also Grundrisse und Raumanordnungen, auf die Bedürfnisse des Patienten ausgerichtet sind. Nur dadurch lassen sich Rationalisierungsreserven im Klinikalltag heben und die Effizienz der Arbeitsleistung des Personals erhöhen. Nachfolgend beschreibt der Verfasser ein Vorgehen zur Erreichung profitabler, DRG-gerechter Projektentwicklung bei Spitalbaumaßnahmen.

Sind in einem Spital Neubau- oder Umbaumaßnahmen erforderlich, fallen auf der Kostenseite schnell mehrere Millionen Euro an. Viel Geld, das die Verantwortlichen der Spitäler nicht in den Sand setzen wollen. Vor einer großen Investition ist also genau zu prüfen, ob und wie gut die theoretischen Planungen mit den zukünftigen praktischen Anforderungen im Arbeitsalltag übereinstimmen. Werden die Patienten optimal betreut, das Personal und die Ressourcen (Geräte, Räume etc.) optimal eingesetzt und die Kapazitäten optimal ausgelastet? Lassen sich Leerlauf und Wartezeiten, Leerstand und Überbelegungen vermeiden? Ist das Vorhaben wirtschaftlich tragfähig und zahlt es sich in der gewünschten Weise aus? Bei all diesen und weiteren Fragen kann eine Simulation der Behandlungspfade an einem virtuellen Gebäudemodell helfen. Am Computer lassen sich unterschiedliche Modelle und Möglichkeiten so lange durchspielen, bis die beste Lösung gefunden ist.

Eine animierte Computer-Simulation ist eine sinnvolle Methode zur Analyse komplexer Systeme mit einer Vielzahl an Variablen, die in Wechselwirkung miteinander stehen. Die modellhafte Abbildung reduziert diese Komplexität und ermöglicht es, Erkenntnisse über die realen Prozesse und Abläufe sowie die Auswirkungen geplanter Änderungen zu gewinnen. Die modellhafte Abbildung von Prozessen wird als 5. Dimension definiert und zeichnet den Weg von der 3-dimensionalen (räumlichen) Planung über die 4. Dimension (Zeit) hin zur Prozessmodellierung (5D) vor. Strategische Entscheidungen wie Neu- und Umbaumaßnahmen, der Aufbau neuer Abteilungen, Umstrukturierungen, Umorganisationen etc. können so im Vorfeld auf ihre Praxistauglichkeit getestet werden.

Tabelle 1: Planungsphasen heute und in Zukunft

Planungsphasen	Konzeption	Entwurf	Durchführung	Betrieb
Bisher	Daten	Geometrie  3D	Bauablauf  4D	 Prozesse  5D Prozesse unberücksichtigt
Kostenfaktor zur Fehlerkorrektur der vorigen Phase	1	10	100	1000



Tageskliniken, Medizinische Versorgungszentren und Spitäler sind solche komplexen Systeme. Zwischen (Not-) Aufnahme, Wartezimmer, Untersuchungs-, Behandlungs-, OP- und Aufwachräumen, ambulanten und stationären Bereichen, Labor, Lager, Küche und Wäscherei sind täglich Hunderte Patienten, Krankenschwestern, Pfleger, Therapeuten, Ärzte und Verwaltungsmitarbeiter unterwegs. Die Steuerung der Wege, der Einsatz der Geräte und der Transport von Materialien aller Art ist eine echte logistische Herausforderung. Nicht immer funktioniert alles reibungslos. Es kommt zu Engpässen und Ineffizienzen, die sich negativ auf die Arbeitsabläufe, auf die Patienten und nicht zuletzt auf die Wirtschaftlichkeit einer Klinik auswirken. Die Ursachen lassen sich oft nicht direkt ausmachen. Es sei denn, man bedient sich der Technik der Computer-Simulation in Verbindung mit einem digitalen Gebäudemodell.

Was wäre, wenn ...?

Der Simulations-Service verfährt nach dem sogenannten VAO-Verfahren: Visualisieren, Analysieren, Optimieren. Dabei werden wichtige Parameter – Patienten, Mitarbeiter, OP- und Aufwachräume, Wartezimmer, Betten, Geräte etc. – auf einen maßstabsgetreuen Grundriss des betreffenden oder geplanten Gebäudes modelliert. Mit speziellen Werkzeugen werden nun die typischen Prozesse, Zeiten, Dauern, Kosten definiert sowie die Wegstrecken im Modell nachgezogen. Über eine Schnittstelle kann man auf externe Daten – Untersuchungs- und OP-Dauern, Schichtpläne, Terminkalender und vieles mehr – zugreifen. Die erzeugten Parameter werden anschließend mit den Daten des Spitals animiert und simuliert. Das Ergebnis ist zunächst eine realitätsnahe Auswertung des Ist-Zustands und wird tabellarisch oder in Diagrammen dargestellt. Darin lassen sich bereits potentielle Problemfelder und Schwachstellen erkennen und mit Referenz-Daten vergleichen.

Der Nutzen einer Simulation liegt natürlich nicht in der Reproduktion der Wirklichkeit, sondern in der Analyse der Prozesse und ihrer anschließenden Anwendung bei geplanten baulichen Veränderungen. Die einzelnen Stellgrößen werden deshalb in der Folge so modifiziert, dass immer neue Szenarien entstehen. Nach dem Prinzip: Was wäre, wenn die Zahl der Patienten oder Mitarbeiter erhöht oder verringert würde, wenn mehr oder weniger Räume, Flächen, Geräte, Betten etc. zur Verfügung stünden, wenn man eine Abteilung ausbauen, umbauen, verlegen würde, wenn ...? Das systematische Durchspielen von verschiedenen Varianten führt nach und nach zu einer immer besseren Lösung, bis der Ideal-Zustand erreicht ist. In vielen Fällen liegen die Daten vor und können leicht in das 3D-Modell importiert werden.

Vorgehen

1. Ziele und Zielgrößen festlegen und Prozesse analysieren
2. Gespräche mit der Ärzte- und Pflegeschicht - zusammen mit den Mitarbeitern werden die relevanten Patientengruppen und deren Pfade mit den zugehörigen Daten erfasst
3. Datenaufbereitung (Eigen-/Neuerhebung; Anpassung bestehender Daten z.B. durch Clusterbildung)
4. Visualisieren, verifizieren und validieren der IST-Abläufe/Pfade/Prozesse in Flussdiagrammen
5. Erstellen der Simulationsmodelle
 - a. Animierte Simulation der IST Situation
 - b. Animierte Simulation der SOLL Situation mit IST Prozessen
6. Workshop zur Feinabstimmung der Prozesse und Ergebnisse - Identifikation von Optimierungsansätzen
7. Überleitung der Daten in ein abstraktes Raum- und Funktionsprogramm
8. Anpassung/Optimierung der Grundrissplanung

9. Erstellen des optimierten Simulationsmodelles in einem 3D-Gebäudemodell
10. Animierte Simulation der neuen SOLL - Situation mit SOLL – Prozess zur Überprüfung der Raumplanung (vorliegender Versionen)
11. Animierte Simulation verschiedener Zukunfts-Szenarien; z.B. mit Steigerung der Patientenzahlen

Ergebnisse

Ad 1: Die Zielgrößen, die den Erfolg z.B. einer Neubau-Maßnahme bestimmen, lauten u.a.:

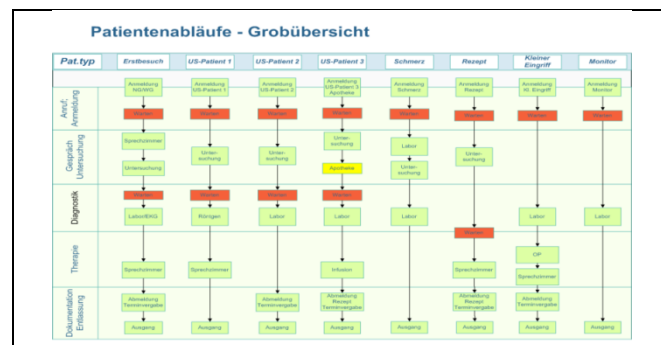
- Patientenzahlen der einzelnen Patiententypen
- Warte-, Wegedauern
- Raumbedarf
- Ressourcenauslastung
- Wirtschaftlichkeit

Als Stellgrößen, deren Änderungen Auswirkungen auf Kenngrößen haben, kommen in Frage:

- Raumkapazitäten und geometrische Strukturen/Raumanordnung
- Weitere Patiententypen (z.B. neues Leistungsspektrum)
- Steigende Patientenzahlen/Zuwachsraten
- Eintrittsmuster der Patienten
- Ressourcenangebot
- Kosten

Ein praktisches Beispiel: Neubauplanung für eine Tagesklinik

Die Patientenabläufe werden für die Patienten (Abbildung 1) in Form von Schwimmbahn-Flussdiagrammen erstellt, in denen die Zuständigkeiten bzw. Räume in der Waagerechten dargestellt werden. Dabei wurden Patienten mit gleichen Prozeduren zusammen betrachtet, "geclustert".



Die oben abgebildeten Prozesse wurden auf den geplanten Grundriss der Tagesklinik übertragen und in das Simulationsmodell eingefügt.

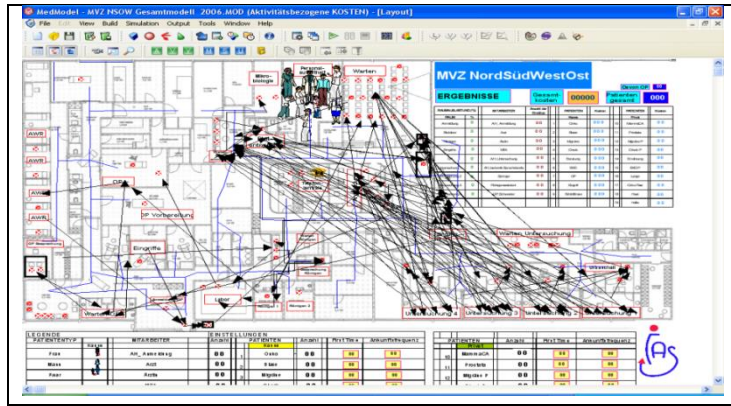


Abbildung 2: Darstellung der geometrischen Strukturen als Basis für den IST-Simulationslauf.

Die Auswertung des Simulationslaufes auf Basis der IST-Daten bestätigte (verifizierte und validierte) die in der Realität entstehenden Wartezeiten für die Patienten sowie die vollständige Auslastung der Räume für einen Arbeitstag. Dies ist am Beispiel der Raumbellegung in der folgenden Abbildung dargestellt.

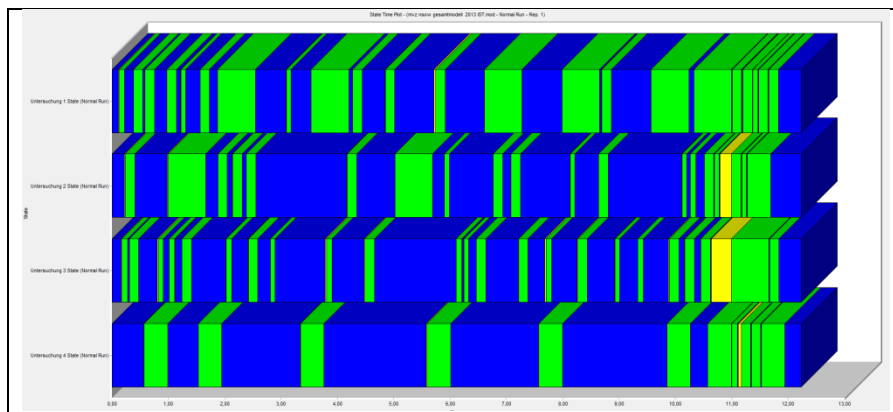


Abbildung 3: Auslastungsmuster der geplanten Untersuchungsräume - IST-Planung. Blau bedeutet "leer/ungenutzt", grün bedeutet "wird genutzt", gelb bedeutet "warten auf eine Ressource/Mitarbeiter".

Die ursprünglich geplante Personalbesetzung für 118 Tagespatienten lag bei bei 2 Arzhelferinnen für die Anmeldung sowie 4 Mediziner und je 1 MTA für 2 Labore. Schrittweise wurde durch die Änderung der Anzahl Mitarbeiter das Optimum gesucht. Dabei stellte sich heraus, dass die Besetzung der Anmeldung den entscheidenden Anteil an der Optimierung der Kenngrößen Warte- und Verweildauer für die Patienten sowie Länge des Arbeitstages hat. Eine Erhöhung der Anzahl der MTA musste mit einer entsprechenden Anzahl an Laborräumen korrespondieren. Die Anzahl der Mediziner wurde ebenfalls um 2 erhöht. Dadurch ergab sich die Erfordernis zweier weiterer Untersuchungsräume. Eine weitere Erhöhung der Ressourcen resultierte in keiner weiteren Verbesserung. Die Optimierung führte zu einer erheblichen Verbesserung der Patienten-verweil- und Wartedauer. Die durchschnittlichen Verweildauern der Patienten wurden von fast 3 Stunden auf 35 Minuten gesenkt.

Mitarbeiter	IST-Planung 118 Patienten	IST optimiert	SOLL Steigerung 135 Patienten
AHAnmeldung	2	4	4
Arzt/Ärztin	Je 2	Je 3	Je 3
MTA/Labore	Je 2	Je 3	Je 3
Arbeitstagsdauer (Stunden)	12:13	8:59	9:09
Pat.Verweildauer (Durchschnitt in Minuten)	177	35	35
Pat.Wartedauer (Durchschnitt in Minuten)	147	4	5

Den um ca. 15% steigenden Patientenzahlen der letzten Jahre sollte dieser Neubau ebenso Stand halten und es wurde einer Planung der Vorzug gegeben, die mit Hilfe der Computer-Simulation sicherstellen konnte, dass die vorgeschlagenen geometrischen Strukturen sowie die Anzahl der erforderlichen Ressourcen mit den Prozessen harmonisieren. Als Resultat des Simulationslaufes ergab sich, dass die optimierte Ressourcenzahl auch für Patientenzahl-Steigerungen genügt, wobei sich der Arbeitstag nur um 10 Minuten verlängerte.

Danach wurde auf Basis eines überarbeiteten Grundrissplanes mit den betroffenen Funktionsbereichen ein Simulationsmodell mit den derzeitigen Prozessen erstellt. Das Ergebnis des Simulationslaufes mit den SOLL-Daten ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

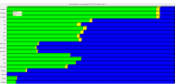
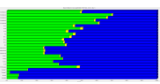
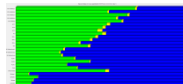
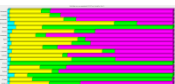


Mitarbeiter	IST-Planung 118 Patienten	IST optimiert	SOLL Steigerung 135 Patienten
AHAnmeldung	2	4	4
Arzt/Ärztin	Je 2	Je 3	Je 3
MTA/Labore	Je 2	Je 3	Je 3
Arbeitstagsdauer (Stunden)	12:13	8:59	9:09
Auslastungs-muster der MA			
Pat.Wartedauer- Anteile (%)			

Abbildung 4:

Oben: Auslastungsmuster der Ressourcen. Die Steigerung der Patientenzahlen führt zwangsläufig zu einer stärkeren Beanspruchung (grüner Anteil) der Mitarbeiter

unten: "Betreuungsmuster" in % der Patiententypen. Blau bedeutet "Wegeanteil", grün bedeutet "wird betreut", gelb bedeutet "warten auf eine Ressource/Mitarbeiter", magenta bedeutet "warten, weil der nächste Raum belegt ist".

Weiterhin konnte erreicht werden, dass sich die Personalwege um 50 % reduzieren und gleichzeitig die laufenden Unterhaltskosten als Folge der Beseitigung von Flächenüberhängen reduziert wurden.

Das Raum- und Funktionsprogramm als Grundlage für geometrische und funktionale Strukturen im Gebäudedatenmodell

Ausgewählt wurde eine durch Computer-Simulation und deren Ergebnisse abgestützte optimierte Neubauvariante, in der sich das Prinzip "form follows function" durchgesetzt hat und die den Bauherren die Sicherheit bei ihren Entscheidungen brachte, die sie für eine ambitionierte Zielplanung anstrebten.

Damit die Form der Funktion folgt, werden die erhobenen Daten in ein Raum- und Funktionsprogramm überführt und mittels einer Schnittstelle in ein digitales Bauwerksmodell eingelesen und gezielt parametrisiert. Die Flächenangaben liegen jetzt in der Gliederungsstruktur der DIN Norm 13080 vor, so dass Nutzflächen ihren Funktionsbereichen zugeordnet werden können. Die Veränderung der Zielgrößen (Patientenzahlen, Wartedauern, Raumgrößen, Ressourcenauslastung) bewirkt eine am Computer durchgeführte Priorisierung der räumlichen Zuordnung der Nutzflächen. Das Ziel: Die Verkürzung der Personalwege und der Patienten-Wartezeiten, die Steigerung der Durchlaufzeiten oder die Senkung der Kosten der facilityären Bereitstellung - je nachdem was verändert werden soll. Oder noch kürzer: Die Effizienz und die Wirtschaftlichkeit werden erhöht.

Die Abbildungen 7 und 8 zeigen beispielhaft das Ergebnis eines Optimierungsprozess auf der Basis der Simulation in Verbindung mit einem 3D-Modell. Die Zielgrößen wurden erreicht und es wurde sichergestellt, dass Prozesse planmäßig ablaufen und die Kosten des Ressourcenverbrauchs gleichzeitig gesenkt werden konnten. Auf einer derart soliden Datenbasis können Entscheidungen für Bauinvestitionen getroffen werden, deren Konsequenzen sich über einen Lebenszyklus von bis zu 30 Jahren auswirken. Als Zusatznutzen erhält man nach der Simulation ein in eine Planung integriertes CAFM-System. Die Kostenwerte für Gesteinskosten und der laufenden Betriebskosten sind raumweise jedem einzelnen Quadratmeter zugewiesen, die Kontrolle und Steuerung des laufenden Betriebs wurde bereits mitsimuliert.

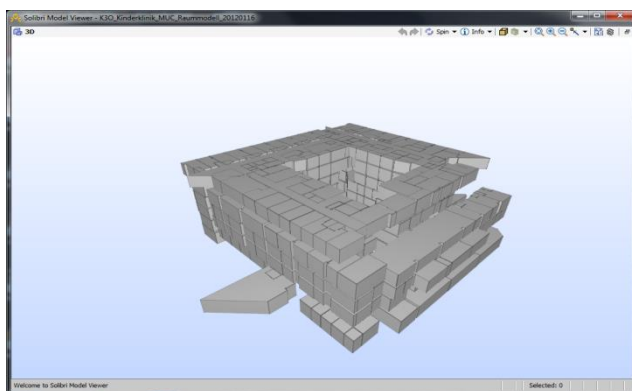


Abbildung 7: Gebäudeentwurf ohne Prozessoptimierung mit:

- 85 km Personalwege pro Tag
- 2 Stunden Wartezeit pro Patient
- Flächeneffizienz BGF/NF = 2,5
- Geräteauslastung 65 %
- Energiebedarf 380 kWh/m² a

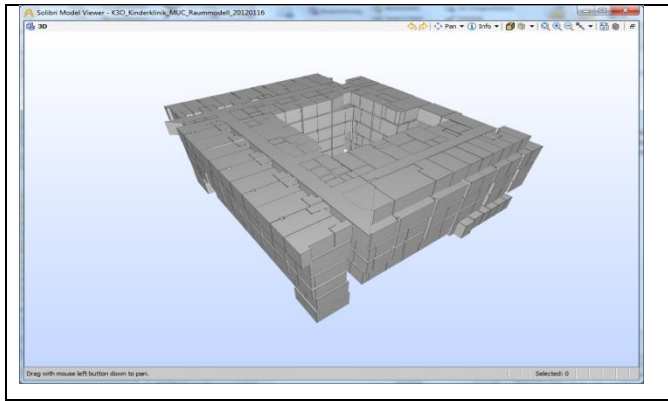


Abbildung 8: Gebäudeentwurf mit Prozessoptimierung mit:

- 40 km Personalwege pro Tag
- 15 Minuten Wartezeit pro Patient
- Flächeneffizienz BGF/NF = 1,6
- Geräteauslastung 85 %
- Energiebedarf 260 kWh/m² a

Durch das Implementieren der SOLL-Ergebnisdaten (Zielgrößen) und der Flächen aus dem Raum- und Funktionsprogramm in ein digitales Bauwerksmodell werden die für die Planung erforderlichen Baukosten und die laufenden Betriebskosten berechnet. Als Folge der optimierten Flächen und die Schaffung effizienter geometrischer Strukturen wurden in dem dargestellten Beispiel die durch die Planer ermittelten Baukosten um 15 % reduziert. Die laufenden Betriebskosten, insbesondere die jährlich steigenden Kosten für Energie und Reinigung wurden seitens der Planer überhaupt nicht ermittelt. Das 3D-Modell wirft diese Kosten automatisch aus. Im Vergleich zur üblichen 2D-basierten Planungspraxis konnten hier Kennwerte erreicht werden, die um 30 % unter den statistisch abgesicherten Benchmarks liegen. Nachhaltigkeitskriterien werden mit der prozessbasierten 5D-Planung nicht nur besser erreicht, sondern lassen sich vor allem parametrisieren. Erst das Drehen an den Stellgrößen (Parameter) bewirkt die von Beratern so häufig beschworene „Optimierung“. Wirtschaftlichkeit ist ganz simpel das Verhältnis von Aufwand zu Nutzen. Eine „Optimierung“ der Energiekosten durch 28 cm dicke Dämmschichten wird unbestritten Heizkosten sparen, aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist so eine Maßnahme extrem unwirtschaftlich.

Die Planung eines Gebäudes an einem BIM-Modell macht Schluss mit Halbwissen und isolierten Lösungen. Alles dreht sich um ein zentrales Modell, das alle Daten enthält, um ganzheitlich, wirtschaftlich und zukunftsorientiert Spitäler errichten und betreiben zu können. Im mehrdimensionalen Planen liegt die Zukunft – und nichts ist so sicher wie die Zukunft.

Küpper und Partner, Projektmanagement | BIM Champion, München

Dr.-Ing. Michael Küpper

Literatur

Anonym; Erst simulieren – dann investieren. Krankenhaus Technik+Management S. 30-32, pnVerlag Finning 6/2010

Kühn, Klaus; Simulation von Behandlungspfaden, in Ambulante und Sektoren übergreifende Behandlungspfade; Hrsg. W. Hellman und S. Eble, Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, S. 227 – 237; Berlin 2010

Schrage, Michael; Serious Play – How the World’s Best Companies Simulate to Innovate. Harvard Business School Press, Boston MA, 1999