

Simulation in der Medizin

Olaf Schedler

Helios Klinikum Bad Saarow, Zentrale Notaufnahme und Rettungsmedizin, Pieskower Strasse
33, 15526 Bad Saarow

Abstract:

The simulation medicine is mainly concerned with the factor of "Human Factors". This term, the so-called "human factor" it is considered as a collective term for all mental, cognitive and social factors in socio-technical, and human-machine systems. Investigations also revealed that deaths were due to "preventable error" in more than 80%. Root cause analysis in anesthesia showed that up to 70% of incidents are theoretically preventable. The literature fluctuates in various fields between 70 to 85% "preventable error". This is an impressive numbers with a clear need for action.

Die Simulationsmedizin beschäftigt sich vor allem mit dem Faktor der „Human Factors“. Dieser Begriff, der sogenannte „Faktor Mensch“ gilt dabei als ein als Sammelbegriff für alle psychischen, kognitiven und sozialen Einflussfaktoren in soziotechnischen, sowie Mensch-Maschine-Systemen. Untersuchungen ergaben ebenfalls, dass Todesfälle in über 80% auf „vermeidbare Fehler“ zurückzuführen seien. Ursachenanalysen in der Anästhesie zeigten, dass bis zu 70% der Zwischenfälle theoretisch vermeidbar sind. Die Literatur schwankt dabei in verschiedenen Fachbereichen zwischen 70 bis 85% „vermeidbarer Fehler“. Dabei handelt es sich um beachtliche Zahlen mit deutlichem Handlungsbedarf.

1. Notwendigkeit des Einsatzes von medizinischen Simulationen

Zu den 10 häufigsten Todesursachen von stationär aufgenommenen Patienten zählen Fehler in der Medizin. Die Patientensicherheit wird entscheidend durch die Handlungssicherheit des Teams bestimmt. Die häufigste Ursache „vermeidbarer Fehler“ sind menschliche Faktoren. Untersuchungen ergaben ebenfalls, dass Todesfälle in über 80% auf „vermeidbare Fehler“ zurückzuführen seien. Ursachenanalysen in der Anästhesie zeigten, dass bis zu 70% der Zwischenfälle theoretisch vermeidbar sind. Die Literatur schwankt dabei in verschiedenen Fachbereichen zwischen 70 bis 85% „vermeidbarer Fehler“. Dabei handelt es sich um beachtliche Zahlen mit deutlichem Handlungsbedarf.

Unfälle und Vorfälle im Feld der Gesundheitsversorgung haben oft komplexe Ursachen und sind nicht unbedingt auf Fehler Einzelner zurückzuführen. Dabei handelt es sich oft um eine

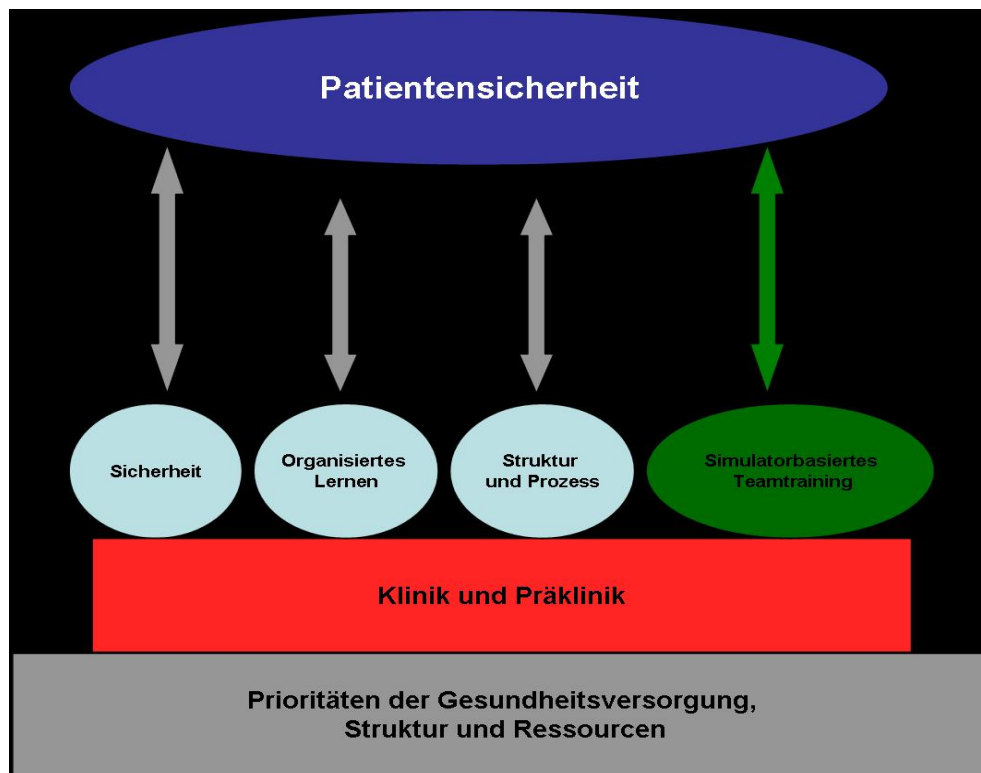
Kombination organisatorischer, technischer und menschlicher Faktoren. Oft werden Fehler auf zurückgeführt auf sogenanntes „Menschliches Versagen“ oder auf das Versagen, welches auf Maschinen (Apparate, Systeme) zurückzuführen ist. Die Simulationsmedizin beschäftigt sich vor allem mit dem Faktor der „Human Factors“. Dieser Begriff, der sogenannte „Faktor Mensch“ gilt dabei als ein als Sammelbegriff für alle psychischen, kognitiven und sozialen Einflussfaktoren in soziotechnischen, sowie Mensch-Maschine-Systemen. Dabei ist der Begriff „Human Factors“ nicht zwingend immer nur negativ zu betrachten, ist es doch bei Versagen eines Systems eben oft der Mensch, der Fehler eines technischen Systems kontrollieren und kompensieren kann.

Einerseits handelt es sich um das Trainieren von medizinischen Fähigkeiten (technical Skills) ohne Risiko am Patienten an Patientensimulatoren, und andererseits um nontechnical skills: Kommunikation, Teamwork, Teamführungscompetenz, Nutzung von Ressourcen und Reevaluation, heuristisches Denken, Problemlöse- und Entscheidungsstrategien, Fähigkeiten zur Problemlösung, u.v.m. Beide Arten von Fähigkeiten lassen sich in medizinischen Simulationen trainieren. Simulationstrainings beinhalten in der Regel circa 40% medizinisch-fachliche Aspekte und 60 % Human Factors – auch wenn ursächlich der Fokus auf den nontechnical Skills liegen sollte.

Studien zeigen, dass die Auftretenswahrscheinlichkeit von Fehlern durch Simulationstrainings reduziert und die Mitarbeiterbindung sowie die Patientenzufriedenheit gesteigert werden konnten. Gerade die Kombination von Simulationen, CIRS, Crisis (und Crew) Resource Management, standardisierten Prozessen führt zum Erfolg bei der Reduzierung von vermeidbaren Fehlern. In Dänemark und den Niederlanden müssen Fachärzte in der Ausbildung zwingend ein realistisches Simulatortraining insbesondere hinsichtlich des „Crisis Resource Managements“ absolvieren.

Krankenhäuser gehören neben beispielsweise Betrieben der Kernenergie und Flugzeugträgern zu den High Reliability Organisationen, da dort Leistungsprozesse eine maximale Zuverlässigkeit aufzeigen. Personelles Fehlverhalten kann Leben oder Sterben bedeuten. Die Förderungen der „Mindfulness“ (Achtsamkeit) sollte unter anderem in Simulationen gefördert werden.

Abbildung 1: Schematische Darstellung, Patientensicherheit



2. Einführung in medizinische Simulationen

Oft werden Skilltrainer eingesetzt, um motorische Fertigkeiten zu trainieren (z. B. Maßnahmen des Atemwegsmanagements, kardiopulmonale Reanimation, Herz- und Lungenauskultation, laparoskopischer Eingriffe, u.s.w.). Komplexe Szenarien, die zusätzlich die nontechnical skills trainieren, benötigen Full-Scale-Simulatoren. Die Reaktionen eines solchen Full-Scale-Simulators, einer Simulationspuppe (Laerdal SimMan), entsprechen einem Patient, und stellen ihn hinsichtlich der physiologisch ableitbaren Parameter dar. Somit steht ein künstlicher Patient zur Verfügung. Dabei handelt es sich um ein kardiozirkulatorisches, respiratorisches und pharmakologisches Modell. Die Veränderungen der pathophysiologischen Vitalparameter können individuell vom erfahrenen, gut ausgebildeten Ausbilder (Instructor) manipuliert werden. Darüber hinaus werden üblicherweise konkrete vorprogrammierte Szenarien genutzt, die konkrete Krankheitsbilder abbilden und dynamisch auf Interventionen des zu trainierenden medizinischen Personals reagieren.

Abbildung 2: Patientensimulator nach einem Szenario, Luftrettung



3. Vorteile medizinischer Simulationen:

Darüber hinaus kann das Training gezielt durchgeführt werden, weil der Patientensimulator immer und jederzeit konkrete Szenarien eines fokussierten Themengebiets bieten kann. Dabei können einzelne Szenarien nach Bedarf wiederholt und Anwendungen der Zielgruppe standardisiert werden. Grundsätzlich sind die Standardszenarien derart programmiert, dass der Patientensimulator auf Interventionen hin lehrbuchgemäße veränderte Parameter zeigt. Jedoch ist es natürlich auch möglich bei gleich beginnenden Krankheitsbildern und gleichen Interventionen gezielt verschiedene Reaktionen des künstlichen Patienten abzubilden, genau wie es in der Realität am Patienten auch passieren kann. Auch dabei können „Wenn-dann“-Regelsätze für Stationen und Teams entwickelt oder bei Bestehen trainiert werden. Die Schwierigkeit der Szenarien kann dabei immer vom Instructor auf die Lernbedürfnisse der Teilnehmer abgestimmt werden. Trotz der beeindruckenden Realitätsabbildung (siehe Beschreibung Laerdal SimMan) bietet die medizinische Simulation gleichzeitig eine gewisse Distanz, um Lernen in sicherer Atmosphäre zu ermöglichen.

Mobile Simulatoren haben den Vorteil, dass Sie an jedem Ort, also vor Ort eingesetzt werden könne, dort wo die zu Trainierenden sonst auch arbeiten. Simulationen werden per Video aufgezeichnet und können so in einem sogenannten „Debriefing“ interaktiv nachbearbeitet werden.

Abbildung 3: Debriefing nach einer medizinischen Simulation

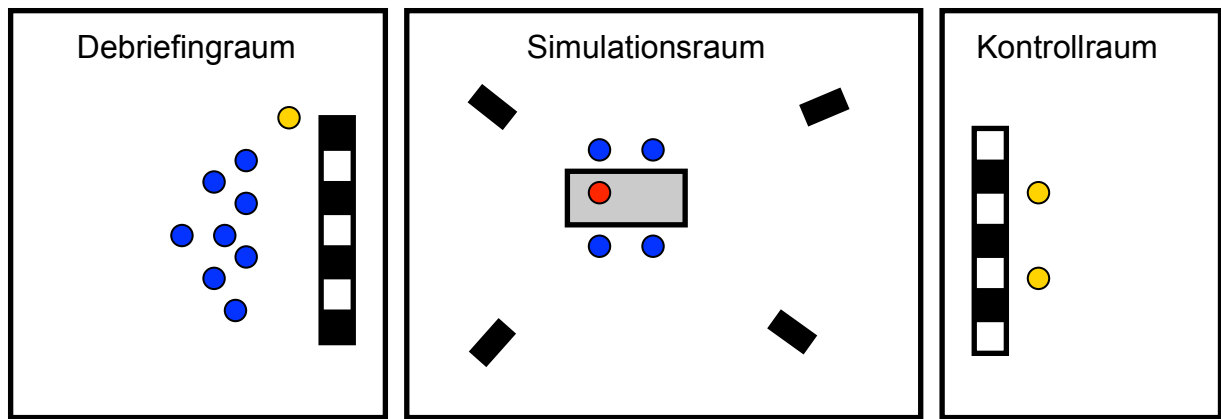


Effekte von medizinischem Simulationstraining sind neben der Erhöhung der Patientensicherheit, auch die Erhöhung der Leistungsfähigkeit Einzelner und eines Teams. Es führt zur Reduzierung von vermeidbaren Fehlern. Darüber hinaus erhöht es auch die Mitarbeiterzufriedenheit, erhöht die Personalbindung und reduziert dadurch Fehlzeiten.

4. Ablauf einer Simulation

Ein Durchlauf eines klinischen Falls durch ein medizinisches Simulationstraining nennt man „Szenario“. Eine kleine Gruppe von Teilnehmern (abhängig vom Fachbereich, in der Regel maximal 3 Teilnehmer) wird aktiv ein Szenario erleben. Dabei werden diese vom Instructor gebrieft, um so in das realitätsabbildend in das Geschehen des Szenarios eingeführt zu werden. Dann findet das Szenario statt, dabei befinden sich nur die Teilnehmer des Szenarios im Geschehen (schauspielernde Akteure können möglich sein). Das Szenario wird von außerhalb („Kontrollraum“) vom Instrukteur gesteuert. Dabei sieht und hört der Instructor und sein Techniker die gesamte Zeit über Kameras aus verschiedenen Perspektiven die Situation und kann diese beeinflussen und steuern.

Abbildung 5: Simulationssetting, Schematische Darstellung



Im Anschluss erfolgt ein klinisches Feedback der durchgeführten Maßnahmen, sowie ein Debriefing zur Analyse von Fehlerquellen, die durchaus oft nicht auf „technical skills“, sondern „nontechnical skills“ zurückzuführen sind. Die Eckpunkte werden durchaus auch im Team diskutiert. Dabei werden vom Instructor markierte Videosequenzen gezeigt, die maximale Selbsterkenntnis, Reflektion, Einsicht und Lernerfolg begünstigen. Ein Simulatortraining ohne sehr gut geschulten Instructor kann vom Lernerfolg der Human Factors wertlos sein – der Simulator selbst ist „nur“ ein Werkzeug.

Abbildung 6: Ansicht Beamerprojektion, Debriefing



Der Lernerfolg durch Simulationstraining ist mit positivem Erfolg gemessen worden. (Lit.verz. x1) Auch die Teilnehmerreaktionen fallen positiv aus (Lit.verz. x2).

5.Fokussierte Themenbereiche der Simulation

- OP Simulationen
- Anästhesie
- Beatmungssimulation
- Hämodynamik
- Pharmakosimulation
- Traumatologische Simulation
- Schockraumtraining
- Intensivmedizin
- Rettungsstelle
- Notfalltraining
- Luftrettung
- Präklinik/ Rettungsmedizin

6. Anforderungen medizinische Simulationen

Der initiale Aufwand zur Umsetzung von Simulatoren ist hoch, ebenso die laufenden Anforderungen.

Materieller Aufwand: Simulatoren und Videotechnik stellen in diesem Bereich hohe Posten dar. Die Wahl des Simulators sollte von den Anforderungen fällt den Anforderungen gemäß aus, es handelt sich um mit physiologische Modelle, die die Körperfunktionen genauer darstellen. Der große Vorteil ist dabei die authentische Abbildung unter anderem der pharmako-physiologischen Effekte.

Personelle Anforderungen: Simulationsbasierte Lehre stellt hohe Anforderungen an die Instruktoren. Einerseits ist die klinisch-fachlichen Kompetenz die Voraussetzung, andererseits ist eine sehr gute Lehrqualifikation notwendig. Dabei müssen die Instruktoren die Videotechnik, die Softwares und den Simulator in allen Einzelheiten kennen und routiniert bedienen können. Die Vorbereitung und Nachbereitung der medizinischen Simulationen ist zeitaufwändig. Es müssen immer wieder neue Szenarien programmiert oder gekauft werden. Neben einem Instructor ist für jede Simulation auch ein Techniker erforderlich. Insbesondere beim Debriefing sind Unterstützung durch Facharzt und Psychologen gemäß Ihrer Expertise hilfreich und teilweise zwingend erforderlich. Darüber hinaus ist die Dynamisierung des Systems einfach,

aber wesentlich schneller durch zusätzliches Personal beim Auf- und Abbau. Dabei und auch Schauspieler in Szenarien eignet sich eine Hilfskraft.

7. Kosten

Zur vereinfachten Übersicht an dieser Stelle vorab eine tabellarische Auflistung (Tabelle 1: Kostenposition). Links befinden sich die nummerierten Positionsbezeichnungen und darauf folgend nach rechts die Positionen der Jahre 2014 bis 2018.

Tabelle 1: Kostenpositionen

Position	Bezeichnung	2014	2015	2016	2017	2018
1.0	2 Laerdal Simulatoren	130.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1.1	2 OP Simulator / P.O.P. SIMULATION	-25.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1.2	2 OP Simulator / LapX Gen 2+	-58.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1.3	Luftrettungssimulation / MockUp	180.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	2 HD „in situ“ Audio/Video Technik	-65.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	Ersatzteile Simulator	-1.000,00	-1.500,00	-2.250,00	-3.000,00	-3.750,00
4	Ersatzteile Technik	0,00	0,00	-1.000,00	-1.500,00	-1.500,00
5	Transportboxen	-2.000,00	0,00	0,00	0,00	-450,00
6	klinische Ausstattung	-9.000,00	0,00	0,00	-750,00	-750,00
7	sonstige Kosten / Werbemittel / Büro	-18.000,00	-7.500,00	-5.000,00	-5.000,00	-5.000,00
	Personalkosten					
8	0,5 Psychologe	-37.000,00	-37.000,00	-37.000,00	-37.000,00	-37.000,00
9	1,0 Instruktor	-50.000,00	-50.000,00	-50.000,00	-50.000,00	-50.000,00
10	1,0 Techniker	-44.000,00	-44.000,00	-44.000,00	-44.000,00	-44.000,00
11	0,5 Medizinische Leitung	-38.000,00	-38.000,00	-38.000,00	-38.000,00	-38.000,00
12	0,5 studentische Hilfskraft	-17.000,00	-17.000,00	-17.000,00	-17.000,00	-17.000,00
13	Honorarprofessoren	-16.000,00	-16.000,00	-16.000,00	-16.000,00	-16.000,00
14	Honorarkräfte sonstige	-10.000,00	-10.000,00	-10.000,00	-10.000,00	-10.000,00
15	Ausgaben	700.000,00	221.000,00	-220.250,00	-222.250,00	-223.450,00
16	kumulierte Ausgaben	700.000,00	921.000,00	1.141.250,00	1.363.500,00	1.586.950,00

8. Erläuterung Kostenpositionen:

- 1 High Technical Simulatoren für die realistische Patientendarstellung. Um ein möglichst interdisziplinäres Spektrum von Szenarien darzustellen ist sind unterschiedliche Simulatoren notwendig. Für die Darstellung von anästhesiologischen Settings bietet sich ein „Laerdal Sim Man 3G“ (ca. 80.000 €), für die traumatologischen ein „Laerdal Sim Man Essential Bleeding“ (ca. 50.000 €) an.
 - 1.1 Ein Simulator zur Simulation von Blutungen aller Qualitäten (parenchymatöse, kapillare, arterielle, venöse). Dadurch ist nicht nur das Erlernen von Standardeingriffen sondern auch die gezielte Beherrschung von (Blutungs-) Komplikationen möglich. Realitätsnaher Einsatz von Tierorganen erspart den teuer und organisatorisch aufwendigen Einsatz am narkotisierten Tier.
 - 1.2 Ein innovativer und intuitiver Virtual-Reality-Trainer zum Training operativer Fähigkeiten für minimalinvasive Chirurgie verschiedener Disziplinen.
 - 1.3 Mock Up eines Rettungshubschraubers (beispielsweise EC 135) der fest auf einem Autoanhänger installiert wird. Mit diesem kann ein ortsunabhängiges Training auch während des regulären Einsatzbetriebes einer Rettungshubschrauberstation durchgeführt werden.
- 2 Für die audio- und videotechnische Aufzeichnung und das anschließende Debriefing mit den Teilnehmern ist eine mobile „in-situ“ Anlage notwendig. Um ein Setting auch außerhalb klinischer Bedingungen für den präklinischen Bereich durchzuführen wird ein entsprechender Spritzwasserschutz und eine gute Mobilität der Anlage unverzichtbar. Markanbieter ist aktuell die Firma ZYOS mit dem Produkt D-Zone (ca. 32.500 €).
- 3 Durch technische und manuelle Beanspruchung der Simulatoren kommt es mit steigender Lebensdauer der Mannequins zu Defekten von Verbrauchsteilen.
- 4 Genauso wie bei den Simulatoren fällt auch bei der Audio-Video-Ausstattung nach Ablauf der Geratiefrist zunehmend Instandhaltungskosten an. Aufgrund der Garantieleistung bleibt die Position für die ersten zwei Jahre nach Anschaffung unbeziffert.
- 5 Für den sicheren und materialschonenden Transport von klinischem, technischen und persönlichen Materialien.
- 6 Die klinische Ausstattung beschreibt in erster Linie präklinische Ausrüstungsgegenstände, wie Rettungsdienststrucksäcke, Sauerstofftaschen, Absaugpumpen, Vakuummatratzen und andere. Die Beschaffung und der Einsatz von Diesen spielt eine wichtige Rolle bei offen zusammengestellten Teilnehmergruppen, die in einem für sie unbekannten Umfeld trainieren.
- 7 Hierunter sind allgemeine Mittel zu verstehen, die organisatorisch und verwaltungstechnisch anfallen. Dazu zählen beispielsweise Portogebühren, Büromaterialien, Batterien für klinische Gerätschaften, Regale und Lagerungsmöglichkeiten, sowie Werbemittel (Flyer und Internetauftritt).

- 8 Durchschnittliche Bezahlung einer 0,5 %iger Stelle für einen Psychologen, eine Psychologin.
- 9 Durchschnittliche Bezahlung einer 1,0 %igen Stelle für einen Instruktor für medizinische Simulation und CRM Training. (Berufliche Mindestqualifikation sollte eine, besser zwei abgeschlossene Berufsausbildungen im medizinischen Umfeld sein. Ein akademischer Grad wäre wünschenswert. Eine INFACHT Ausbildung für Simulation ist verpflichtend.)
- 10 Durchschnittliche Bezahlung einer 1,0 %igen Stelle für einen Techniker / Co - Instruktor. (Mindestqualifikation sollte eine medizinische Ausbildung, mindestens Rettungssanitäter sein. Eine Qualifikation oder persönliche Affinität zu Audio-videotechnischen Ausstattungen wäre wünschenswert.)
- 11 Durchschnittliche Bezahlung einer 0,5 %igen Stelle für eine medizinisch, administrative Leitung. (Eine Qualifikation als Facharzt für Anästhesiologie und Erfahrungen im Bereich der medizinischen Simulation sind wünschenswert)
- 12 Durchschnittliche Bezahlung einer 0,5 %igen Stelle für eine studentische Hilfskraft. (Das Studium sollte in einem medizinverwandten oder medieninformationstechnischen Studienfach absolviert werden.)
- 13 Position für Instruktoren auf Honorarbasis. Die Position errechnet sich aus 60 Arbeitstagen, die durch Urlaubsvertretungen, Krankheitsvertretungen oder zeitgleichen Simulationen entstehen. Grundlage ist eine durchschnittliche Bezahlung von 25 € die Stunde, also 200 € pro Tag, bei einem Arbeitstag mit 8 Stunden.
- 14 Position für Techniker und sonstige Kräfte auf Honorarbasis. Die Position errechnet sich aus 60 Arbeitstagen, die durch Urlaubsvertretungen, Krankheitsvertretungen oder zeitgleichen Simulationen entstehen. Grundlage ist eine durchschnittliche Bezahlung von 16,60 € die Stunde, also rund 133 € pro Tag, bei einem Arbeitstag mit 8 Stunden.
- 15 Gesamtausgaben des laufenden Jahres von 2014 bis 2018.
- 16 Kumulierte Gesamtausgaben sind die aufsummierten Ausgaben der Jahre 2014 bis 2018.

8. Literaturangaben

- Buerschaper C, StPierre M, Hofinger G, Springer Medizin, Notfallmanagement. Human Factors in der Akutmedizin, Heidelberg
- Clancy C, J Med Qual, Training health care professionals for patient safety(2005), 20:277-279
- Cooper JB, Gaba D, Steadman R H, Coates W C, Huang Y M et al(2006) Anesthesiology 97, No myth: anesthesia is a model for addressing patient safety, Simulation-based training is superior to problem-based learning for the acquisition of critical assessment and management skills. Crit Care Med 34(1):151–157
- (x1) Devitt J H, Kurrek M, Cohen M (1997), Anesthesiology 87, Can medical students be evaluated by a simulator based, evaluation tool developed for practicing anesthesiologists? A947–A947
- Egerth M, Pump S, Graf J, Flug- und Höhenmedizin für Anästhesisten – Teil 4 Menschliches Leistungsvermögen und Crew-Resource-Management 2013; 48: 424–428

- Gaba D M , Howart S K, Fisch K J, Anesthesia crisis resource management (ACRM): Simulation-based training, a decade of experience. *Simul Gaming* 32:175–193
- Gaba D M (2000), Anaesthesiology as a model for patient safety in health care, *BMJ* 320: 785–788
- (x2) Holzman R S, Cooper J B, Small S, Gaba D M, Anesthesiology 79, Participant responses to realistic simulation, training in anaesthesia crisis resource management (ACRM), A1112–A1112
- Lauche K, Badke-Schaub P, Hofinger G, Springer Medizin, Human Factors(2008), Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen, Heidelberg
- Mönk S, Baldering H J, Vollmer J, Buggenhagen H, Heinrichs W, © Springer-Verlag 1999, Notfall & Rettungsmedizin 1999 ·2:297–306 ,Klinikum der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Klinik für Anästhesiologie, Patientensimulation
- Mönk S, Notfall & Rettungsmedizin 2003, Die Bedeutung von Simulatoren, Klinik für Anästhesiologie, Johannes Gutenberg-Universität Mainz, 6:37–39
- Müller M P, Hänsel M, Stehr S N et al (2007), Resuscitation, Six steps from head to hand: a simulator based transfer oriented psychological training to improve patient safety, 73:137–143
- Rall M, Gaba D, Miller R (ed) Miller's anesthesia. Elsevier Churchill Livingstone, Patient simulators(2004), Philadelphia, pp 3073–3104
- Rall M, Reddersen S, Zieger J et al (2008), Preventing patient harm is one of the main tasks for the field of anesthesiology from early on, *Anesthesiol, Intensivmed, Notfallmed Schmerzther*, 43:628–632
- Rall M, Schaedle B, Ziegler J, Naef W, Weinlich M, Unfallchirurg 2002, Neue Trainingsformen und Erhöhung der Patientensicherheit, Sicherheitskultur und integrierte Konzepte, 105:1033–1042
- Schröder T, Heymann C H v, Ortwein H, Rau J, Wernecke K D, Spies C, Anaesthesist 2009 58:992–1004, © Springer Medizin Verlag 2009, Kliniken für Anästhesiologie und operative Intensivmedizin, Charité – Universitätsmedizin, Campus Virchow Klinikum und Campus Charité Mitte, Berlin, 2 SOSTANA GmbH, Berlin, Simulationsbasiertes „Anaesthesia-Crisis-Resource-Management-Training“, Ergebnisse einer Nachbefragung zum Lernerfolg, Online publiziert: 14. Oktober 2009
- Schmidt C E, Hardt F, Möller J, Marchow B, Schmidt K, Bauer M, Anaesthesist 2010, © Springer-Verlag 2010, 59:717–726, Verbesserung der Teamkompetenz im OP, Trainingsprogramme aus der Luftfahrt, Online publiziert: 17. Juli 2010
- Singer S J, Gaba D M, Geppert J J et al (2003), Qual Saf Health Care, The culture of safety: results of an organization-wide survey in 15 California hospitals, 12:112–118
- Timmermann A, Eich C, Russo S G, Barwing J, Hirn A, Rode H, Heuer J F, Heise D, Nickel E, Klockgether-Radke A, Graf B M, Anaesthesist 2007, © Springer Medizin Verlag, Online publiziert: 1. November 2006, Zentrum Anaesthesiologie, Rettungs- und Intensivmedizin, Georg-August-Universität, Göttingen, Lehre und Simulation, Methoden, Anforderungen, Evaluation und Visionen