

Computerized Physician Order Entry- Wirksamkeit und Effizienz elektro- nischer Arzneimittelverordnung mit Entscheidungsunterstützungs- systemen

Heidi Stürzlinger, Cora Hiebinger, Daniela Pertl, Peter Traurig

**Schriftenreihe
Health Technology Assessment (HTA)
in der Bundesrepublik Deutschland**

**Computerized Physician Order Entry – Wirksamkeit und
Effizienz elektronischer Arzneimittelverordnung mit
Entscheidungsunterstützungssystemen**

**Heidi Stürzlinger
Cora Hiebinger
Daniela Pertl
Peter Traurig**

ÖBIG Forschungs- und Planungsgesellschaft mbH

Wir bitten um Beachtung

Dieser HTA-Bericht ist publiziert in der DAHTA-Datenbank des DIMDI (www.dimdi.de – HTA) und in der elektronischen Zeitschrift GMS Health Technology Assessment (www.egms.de).

Die HTA-Berichte des DIMDI durchlaufen ein unabhängiges, grundsätzlich anonymisiertes Gutachterverfahren. Potentielle Interessenkonflikte bezüglich der HTA-Berichte werden dem DIMDI von den Autoren und den Gutachtern offengelegt. Die durchgeführte Literaturrecherche erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Literatursauswahl erfolgt nach den Kriterien der evidenzbasierten Medizin. Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts obliegt den jeweiligen Autoren.

Die Erstellung des vorliegenden HTA-Berichts des Deutschen Instituts für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) erfolgte gemäß gesetzlichem Auftrag nach Artikel 19 des GKV-Gesundheitsreformgesetzes 2000. Das Thema stammt aus dem öffentlichen Vorschlagsverfahren beim DIMDI, durch das Kuratorium HTA priorisiert und vom DIMDI beauftragt. Der Bericht wurde mit Mitteln des Bundes finanziert.

Herausgeben vom

Deutschen Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI), Köln

Das DIMDI ist ein Institut im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Gesundheit (BMG)

Kontakt

DAHTA

Deutsche Agentur für Health Technology Assessment des
Deutschen Instituts für Medizinische Dokumentation und Information

Waisenhausgasse 36-38a

50676 Köln

Tel: +49 221 4724-525

Fax: +49 2214724-340

E-Mail: dahta@dimdi.de

www.dimdi.de

Schriftenreihe Health Technology Assessment, Bd. 86

ISSN: 1864-9645

DOI: 10.3205/hta000069L

URN: urn:nbn:de:0183-hta000069L3

1. Auflage 2009

© DIMDI, Köln 2009. Alle Rechte vorbehalten.

INHALTSVERZEICHNIS

1 Verzeichnisse	VI
1.1 Tabellenverzeichnis	VI
1.2 Abbildungsverzeichnis	VI
1.3 Abkürzungsverzeichnis	VI
1.4 Glossar	VIII
2 Zusammenfassung.....	1
3 Abstract	2
4 Kurzfassung.....	3
4.1 Gesundheitspolitischer Hintergrund	3
4.2 Wissenschaftlicher Hintergrund	3
4.3 Forschungsfragen	4
4.4 Methodik.....	5
4.5 Ergebnisse	5
4.6 Diskussion	6
4.7 Schlussfolgerung/Empfehlung	7
5 Summary	8
5.1 Health political background	8
5.2 Scientific background	8
5.3 Research questions	9
5.4 Methods.....	9
5.5 Results	10
5.6 Discussion	10
5.7 Conclusions/recommendations	11
6 Hauptdokument	12
6.1 Gesundheitspolitischer Hintergrund	12
6.2 Wissenschaftlicher Hintergrund	12
6.2.1 Arzneimittelverordnung und Patientensicherheit.....	12
6.2.2 Strategien zur Reduktion von Medikationsfehlern	13
6.2.2.1 CPOE-Systeme	14
6.2.2.1.1 Kosten von CPOE-Systemen.....	16
6.2.2.1.2 Notwendige Voraussetzungen zur erfolgreichen Implementierung und Anwendung von CPOE-Systemen	17
6.3 Forschungsfragen	18
6.4 Methodik.....	19
6.4.1 Suchstrategie und Datenquellen	19
6.4.2 Selektionskriterien	19
6.4.2.1 Erstselektion	19
6.4.2.2 Zweitselektion.....	20
6.4.2.2.1 Medizinische Volltexte.....	20
6.4.2.2.2 Ökonomische Volltexte	21
6.4.2.2.3 Ethische, soziale und juristische Aspekte	22
6.4.3 Bewertung der Studienqualität.....	22
6.4.3.1 Medizinische Volltexte	22
6.4.3.2 Ökonomische Volltexte.....	23

6.4.4	Datenauswertung und -synthese.....	24
6.4.4.1	Medizinische Volltexte.....	24
6.4.4.2	Ökonomische Volltexte.....	24
6.4.4.3	Ethische, soziale und juristische Aspekte	24
6.5	Ergebnisse	24
6.5.1	Ergebnisse der Erstselektion.....	24
6.5.2	Ergebnisse der Zweitselektion.....	24
6.5.3	Ergebnisse der Handsuche	25
6.5.4	Darstellung des Selektionsprozesses.....	25
6.5.5	Ergebnisse der medizinischen Bewertung	25
6.5.5.1	Metaanalysen, HTA-Berichte und systematische Übersichtsarbeiten	26
6.5.5.1.1	Rommers et al. 2007.....	27
6.5.5.1.2	Chedoe et al. 2007.....	28
6.5.5.1.3	Rothschild 2004	30
6.5.5.1.4	Kaushal et al. 2003	31
6.5.5.2	Primärstudien	33
6.5.5.2.1	Mahoney et al. 2007.....	35
6.5.5.2.2	Colpaert et al. 2006.....	36
6.5.5.2.3	Oliven et al. 2005	39
6.5.5.3	Potts et al. 2004	41
6.5.5.4	Zusammenfassung und Bewertung der Studienergebnisse	41
6.5.5.5	Übertragbarkeit der Studienergebnisse auf Deutschland	42
6.5.6	Ergebnisse der ökonomischen Bewertung.....	42
6.5.6.1	Kosten-Wirksamkeits-Studie(n).....	43
6.5.6.1.1	Wu et al. 2007	43
6.5.6.2	Kosten-Nutzen-Studien	44
6.5.6.2.1	Kaushal et al. 2006	44
6.5.6.2.2	Fung et al. 2003	45
6.5.6.2.3	Schmitt et al. 2002	46
6.5.6.2.4	Hillestad et al. 2005.....	46
6.5.6.3	Zusammenfassung und Bewertung der Studienergebnisse	47
6.5.6.4	Übertragbarkeit der Studienergebnisse auf Deutschland	48
6.5.7	Soziale (und ethische) Aspekte	49
6.5.7.1	Die soziale und organisatorische Herausforderung bei der Einführung von CPOE-Systemen	51
6.5.7.2	Erfolgsfaktoren sozialer Natur.....	52
6.5.7.3	Häufige Gründe für das Auftreten von Problemen (und deren Vermeidung).....	52
6.5.7.4	Ethische Aspekte.....	53
6.5.8	Juristische Aspekte.....	54
6.6	Diskussion	55
6.6.1	Effektivität von CPOE-Systemen.....	56
6.6.2	Erfolgsfaktoren für die CPOE-Implementierung	59
6.6.3	Kosten-Effektivität von CPOE-Systemen	62
6.6.4	Beantwortung der Forschungsfragen	62
6.7	Schlussfolgerung/Empfehlung	63

7	Literaturverzeichnis	64
8	Anhang	84
8.1	Schlagworte	84
8.2	Datenbanken.....	84
8.3	Suchstrategie	84
8.4	Tabellen.....	90
8.4.1	Tabellen zur medizinischen Bewertung.....	90
8.4.1.1	Metaanalysen (MA) und systematische Übersichtsarbeiten (SR).....	90
8.4.1.2	Primärstudien	94
8.4.2	Tabellen zur ökonomischen Bewertung	103
8.5	Ausgeschlossene Literatur mit Ausschlussgrund	112

1 Verzeichnisse

1.1 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ein- und Ausschlusskriterien zur Selektion der Zusammenfassungen	20
Tabelle 2: Selektionskriterien für die medizinischen Volltexte	20
Tabelle 3: Selektionskriterien für die ökonomischen Volltexte	21
Tabelle 4: Systematische Übersichtsarbeiten	26
Tabelle 5: Darstellung der systematischen Übersichtsarbeiten	26
Tabelle 6: Primärstudien.....	33
Tabelle 7: Darstellung der Primärstudien	33
Tabelle 8: Medikationsverordnungsfehler-Analyse	37
Tabelle 9: In die Bewertung eingeschlossene ökonomische Studien	42
Tabelle 10: Arbeiten zu sozialen Aspekten	49
Tabelle 11: In Studien untersuchte Endpunkte zur Effektivität von CPOE-Systemen	57
Tabelle 12: Suchstrategie.....	84
Tabelle 13: Rommers et al. (2007).....	90
Tabelle 14: Chedoe et al. (2007).....	90
Tabelle 15: Rothschild 2004	91
Tabelle 16: Kaushal et al. (2003)	92
Tabelle 17: Tabelle zur Qualitätsbewertung für systematische Übersichtsarbeiten	93
Tabelle 18: Mahoney et al. (2007).....	94
Tabelle 19: Colpaert et al. 2006	95
Tabelle 20: Oliven et al. (2005)	98
Tabelle 21: Potts et al. (2004)	100
Tabelle 22: Tabelle zur Qualitätsbewertung für die Primärstudien	102
Tabelle 23: Wu et al. (2007)	103
Tabelle 24: Kaushal et al. (2006)	105
Tabelle 25: Fung et al. (2003)	107
Tabelle 26: Schmitt et al. (2002)	109
Tabelle 27: Gesamtkosten von CPOE-Systemen bei Wu et al., Kaushal et al., Fung et al. und Schmitt et al. zum Vergleich.....	111
Tabelle 28: Tabelle zur Qualitätsbewertung für die ökonomischen Studien.....	112
Tabelle 29: Ausgeschlossene Literatur	112

1.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung des Selektionsprozesses	25
--	----

1.3 Abkürzungsverzeichnis

ADE	Adverse drug events
ADM	Automated dispensing machines, dt.: automatisierte Medikationsausgabemaschinen
AM	Arzneimittelverordnung
Apotheken-ITS	Apothekeninformationssystem
BWH	Brigham and Women's Hospital
CDS	Clinical decision support, dt.: klinische Entscheidungshilfen

Fortsetzung: Abkürzungsverzeichnis

CDSS	Clinical decision support system, dt.: System mit klinischer Entscheidungshilfe
CP-STAT	Station mit CPOE
CPOE	Computerized physician order entry, dt.: elektronisches Verordnungssystem
DIMDI	Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information
EDDS	Electronic drug dispensing system, dt.: elektronisches Medikationsausgabesystem
eGK	Elektronische Gesundheitskarte
eMAR	Electronic medication administration record, dt.: elektronisches Medikationsadministrations-Protokoll
EMR	Electronic medical record, dt.: elektronisches Krankenblatt
GKV	Gesetzliche Krankenversicherung
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GMG	Gesetz zur Modernisierung der gesetzlichen Krankenversicherung (auch: GKV-Modernisierungsgesetz)
HTA	Health Technology Assessment
ICU	Intensive care unit, dt.: Intensivstation
IT	Informationstechnik
KIS	Krankenhausinformationssystem
MVF	Medikationsverordnungsfehler
NCC MERP	National coordinating council for medication error, reporting and prevention
MPG	Medizinproduktegesetz
NoCP-STAT	Station ohne CPOE
ÖBIG	Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen
ÖBIG FP	ÖBIG Forschungs- und Planungsgesellschaft mbH
PDA	Personal Digital Assistant
RAND (Corporation)	Research And Development
RCT	Randomized controlled trial, dt.: randomisierte kontrollierte Studie
RIH	Rhode Island Hospital
SGB	Sozialgesetzbuch
TMH	The Miriam Hospital
UAE	Unerwünschtes Arzneimittelereignis/unerwünschte Arzneimittelereignisse
UAW	Unerwünschte Arzneimittelwirkung/unerwünschte Arzneimittelwirkungen
UHN	University health network
UK	United Kingdom, dt.: Vereinigtes Königreich

Fortsetzung: Abkürzungsverzeichnis

US	United States
USA	United States of America, dt.: Vereinigte Staaten von Amerika
USD	US-Dollar
VF	Verordnungsfehler
VR	Verstoß gegen Richtlinien
WHO	World Health Organization, dt.: Weltgesundheitsorganisation

1.4 Glossar

Automatisierte Medikationsausgabemaschinen (automated dispensing machines; ADM)	Einrichtungen zur Lagerung von Medikamenten, die elektronisch die kontrollierte Ausgabe von Medikamenten ermöglichen und deren Verbrauch verfolgen.
Change-Management	Bewusster Steuerungsprozess und damit verbundene Maßnahmen und Tätigkeiten, die die Veränderungen in einer Organisation auf formaler Ebene, z. B. durch Änderungen an Strukturen (Aufbauorganisation) oder Prozessen, für Mitarbeiter initiieren und steuern.
Clinical decision support system (CDSS)	Integrieren und evaluieren patientenspezifische Informationen und stellen die Ergebnisse dem Arzt rasch zur Verfügung, z. B. in Form von Warnungen. Je nach System können unter anderem die indikationsspezifische Dosis, die Applikationsfrequenz unter Berücksichtigung von Organfunktionen (inklusive Laborwerte), Allergien, Alter und Gewicht des Patienten sowie das Vorliegen von klinisch relevanten Interaktionen mit anderen Medikamenten und von Kontraindikationen überprüft werden.
Computerized physician order entry(CPOE)-System	Elektronisches Verordnungssystem, mit dessen Hilfe Ärzte Verordnungen direkt in den Computer eingeben können, wo sie mit individuellen Informationen zum Patienten (z. B. Laborergebnisse, andere Verordnungen usw.) vernetzt werden. CPOE-Systeme mit eingebautem CDSS (CPOE-/CDS-Systeme) können Warnungen zu möglichen Medikationswechselwirkungen, Allergien oder Überdosen bereitstellen und Informationen zu Medikamenten liefern, damit die Verordnung sofort korrigiert werden kann, bevor sie für den geplanten Behandlungsschritt elektronisch weitergeleitet wird.
Crossover-Design	Ein Design, in dem Interventionen verglichen werden, indem Patienten nach Beendigung einer Behandlung die jeweils andere Behandlung in einer spezifizierten zeitlichen Abfolge erhalten.
Gewonnene Lebensjahre	Gewonnene oder gerettete Lebensjahre sind Outputparameter in der Kosten-Wirksamkeits-Analyse. Hier wird für eine Behandlung die Anzahl der Jahre bestimmt, die ein Patient ab einem bestimmten Zeitpunkt, z. B. dem Therapiebeginn, im Durchschnitt überlebt. Irrelevant ist hierbei die Qualität der hinzugewonnenen Lebensjahre, weshalb das Konzept der qualitätsbereinigten Lebensjahre (QALY) entwickelt wurde.

Fortsetzung: Glossar

Inkrementelle Kosten	Differenz der Kosten zweier alternativer Therapieverfahren oder Programme. Wird zur Standardtherapie zusätzlich eine Alternativtherapie angewandt, so wird der Kostenunterschied zwischen Standard- und Alternativtherapie als inkrementelle Kosten bezeichnet.
Kosten-Wirksamkeits-Analyse/ Kosten-Nutzwert-Analyse	Analyseform, die monetäre Kosten einer Intervention mit dem nicht-monetär bewerteten Behandlungserfolg vergleicht, z. B. pro gewonnenes oder gerettetes Lebensjahr oder pro qualitätsbereinigtes Lebensjahr.
Kosten-Nutzen-Analyse	Analyseform, die monetäre Kosten einer Intervention mit dem monetär bewerteten Behandlungserfolg vergleicht.
Medikationsfehler	Fehler, die im Prozess der Verordnung, Transkription, Abgabe, Verabreichung oder Kontrolle entstehen; sie können u. a. mit dem Prozedere, dem Produkt, der Produktbezeichnung, Verpackung und Nomenklatur, der Kommunikation und Ausbildung im Behandlungsteam sowie der Kontrolle der Behandlung zusammenhängen.
Medikationsfehlerrate	Verhältnis von Anzahl der Medikationsfehler zur Gesamtzahl der durchgeführten Arbeitsschritte im Bereich der Verordnung, Transkription, Abgabe, Verabreichung oder Kontrolle von Medikationen.
Organisational	Organisationsbezogen, d. h. nicht das Organisieren von Tätigkeiten, sondern Aufbau und Struktur von Organisationen betreffend.
Potenzielles unerwünschtes Arzneimittelergebnis	Medikationsfehler, die das Potenzial haben, einen Patienten zu schädigen (wenn z. B. einem Patienten, der bereits eine anaphylaktische Reaktion auf Penicillin hatte, Amoxicillin verschrieben wird), und Fehler, bei denen es lediglich um eine Abweichung vom empfohlenen Prozedere geht (wenn z. B. die Dosierung eines Medikamentes nicht optimal ist, oder die Überprüfung der Medikationskonzentration im Serum nicht den Standards des Krankenhauses entspricht).
P-Wert	Der p-Wert gibt für verschiedene statistische Tests jeweils die Wahrscheinlichkeit an, mit der die getroffene Hypothese zutrifft, vgl. „statistisch signifikant“.
Satellitenapotheken	Nebenstelle der Krankenhausapotheke, die z. B. in die Intensivstation ausgelagert ist.
Statistisch signifikant	Ein Ergebnis wird in der Regel dann als statistisch signifikant bezeichnet, wenn der p-Wert (siehe dort) $\leq 0,05$ ist.
Systematischer Review/Übersichtsarbeit	Der aktuelle Wissenstand wird auf der Basis einer systematischen Literatursuche – nach strengen wissenschaftlichen Kriterien – zusammengetragen und interpretiert.
Transkription	Übertragung der Verordnung in den Medikationsplan
Unerwünschte Arzneimittelergebnis (UAE)	Jeglicher Schaden, der einem Patienten während einer Arzneimittelbehandlung erwächst.

Fortsetzung: Glossar

Unvermeidbare unerwünschte Arzneimittelereignis	Ereignisse, die nicht auf einen Fehler zurückzuführen sind, sondern das inhärente Risiko von Arzneimitteln widerspiegeln. Sie können mit dem derzeitigen Wissensstand nicht vermieden werden. Sie werden auch als unerwünschte Arzneimittelwirkungen (UAW; adverse drug reactions) bezeichnet.
Verabreichungsrout	Die Art und Weise, in der ein Medikament verabreicht wird, d. h. topisch (lokal, z. B. auf die Haut aufgetragen), enteral (über den Verdauungstrakt, z. B. oral oder rektal) oder parenteral (als Infusion oder Injektion).
Vermeidbare unerwünschte Arzneimittelereignisse	Ereignisse, die durch einen Medikationsfehler verursacht werden und nicht eingetreten wären, wenn der Patient lege artis behandelt worden wäre.
Verordnung	Anweisung, ein Arzneimittel an einen Patienten zu verabreichen oder eine Laboruntersuchung etc. durchführen zu lassen.
Verordnungsset	Vorgefertigte Verordnungen für eine spezifische Diagnose oder Behandlungsmethode, die in einem präzisen, einfach zu verwendenden Format in Kategorien organisiert und mit Auswahlfeldern ausgestattet sind. Verordnungssets können auf Evidenz basierende Ordnungsrichtlinien in standardisierte Behandlungsstrategien integrieren.

2 Zusammenfassung

Gesundheitspolitischer Hintergrund

Softwaresysteme, mit deren Hilfe ein Arzt Arzneimittelverordnungen elektronisch eingibt (CPOE-Systeme) und die darüber hinaus mit Werkzeugen zur Entscheidungsunterstützung (CDS) ausgerüstet sein können), werden in Deutschland von verschiedenen Unternehmen angeboten, sowohl für Krankenhäuser als auch für Arztpraxen. Es handelt sich dabei größtenteils um eine Entwicklung der letzten fünf bis zehn Jahre.

Wissenschaftlicher Hintergrund

CPOE-Systeme an sich gibt es seit den 1970er Jahren. Meist werden auch klinische Entscheidungshilfen (CDS-Systeme) in das CPOE-System integriert, um Fehler zu vermeiden.

Fragestellung

In diesem HTA-Bericht sollen die Effektivität und die Effizienz von CPOE-/CDS-Systemen geklärt sowie die damit verbundenen ethischen, sozialen und juristischen Aspekte dargestellt werden.

Methodik

Die systematische Literatursuche (27 internationale Literaturdatenbanken) ergab 791 Zusammenfassungen. Nach einem zweiteiligen Selektionsprozess verbleiben zwölf zu bewertende Publikationen.

Ergebnisse

Alle im vorliegenden Bericht eingeschlossenen Übersichtsarbeiten und Primärstudien berichten von einer Reduktion der Medikationsfehlerrate durch CPOE-/CDS-Systeme, wobei geringfügige Verordnungsfehler fast vollständig eliminiert werden können. Der Einfluss von CPOE-/CDS-Systemen auf die Rate von unerwünschten Arzneimittelereignissen (UAE) wird nur in zwei Primärstudien betrachtet. Die Ergebnisse hierzu sind widersprüchlich. Die Ergebnisse der ökonomischen Studien sind schwer vergleichbar, da sie verschiedene Settings, Interventionen und Zeiträume betrachten. Erschwerend kommt die teilweise mangelhafte Transparenz der Dokumentation hinzu. Alle vier eingeschlossenen Studien erfassen Kosten und Effekte aus Sicht eines Krankenhauses oder Krankenhausverbundes. Im Hinblick auf soziale Aspekte thematisiert die entsprechende Literatur die Veränderungsprozesse, die im Spannungsfeld Technik und Mensch aus der Einführung von CPOE-Systemen erwachsen. Erfahrungen aus Einrichtungen, in denen die Einführung von CPOE-Systemen mit Problemen behaftet war, haben gezeigt, dass die Berücksichtigung des sozio-organisationalen Kontexts zum Teil unterschätzt wurde.

Diskussion

CPOE-/CDS-Systeme sind in der Lage, die Medikationsfehlerrate bei der Verordnung von Arzneimitteln zu reduzieren. Auch die Einhaltung von Richtlinien, Kommunikation, Patientenbetreuung und Zufriedenheit der Belegschaft kann positiv beeinflusst werden. Es wird jedoch auch von negativen Auswirkungen berichtet, da durch die Anwendung von CPOE-/CDS-Systemen neue Fehler generiert werden können. Dies macht eine ständige Überprüfung der Systeme bzw. ggf. die Aktualisierung der verwendeten Daten erforderlich. Hinsichtlich der Kosten-Nutzen-Relation aus Krankenhaussicht kommen die zwei qualitativ besten ökonomischen Studien zu widersprüchlichen Ergebnissen. Von einer positiven Kosten-Nutzen-Relation für einzelne Krankenhäuser kann deshalb nicht sicher ausgegangen werden, insbesondere da die Ergebnisse nicht generalisierbar sind.

Schlussfolgerung

Wird die Implementierung eines CPOE-/CDS-Systems sorgfältig geplant, durchgeführt, das System an die Bedürfnisse der Institution angepasst, fortlaufend überwacht und ggf. aktualisiert, kann die Medikationsverordnungsfehlerrate durch die Verwendung von CPOE-/CDS-Systemen deutlich gesenkt werden. Allerdings ist nicht klar, inwieweit dies eine Reduktion von UAE bewirkt. Es werden prospektive, systematische Multizentren-Evaluierungsstudien mit klarer Methodik gefordert, die eine Analyse der Benutzerfreundlichkeit und sozialer bzw. -technischer Aspekte einschließen und den Einfluss eines CPOE-/CDS-Systems auf die UAE-Rate und Mortalität untersuchen. Unabdingbar ist eine genaue Beschreibung des verwendeten Systems und des untersuchten Krankenhauses. Nach Möglichkeit haben auch eine Erhebung und transparente Dokumentation der Kosten und Kosteneffekte zu erfolgen.

3 Abstract

Health political background

Computerized physician order entry (CPOE) systems are software to electronically enter medication orders. They can be equipped with tools for decision support (CDS). In Germany, various vendors offer such systems for hospitals and physicians' offices. These systems have mostly been developed during the last five to ten years.

Scientific background

CPOE-systems exist since the 1970's. Usually, clinical decision support is integrated into the CPOE to avoid errors.

Research questions

This HTA-report aims to evaluate the effectiveness and efficiency of CPOE-/CDS-systems and their ethical, social and legal aspects.

Methods

The systematic literature search (27 international data bases) yielded 791 abstracts. Following a two-part selection process, twelve publications were included in the assessment.

Results

All reviews and studies included in the present report show that the use of CPOE-/CDS-systems can lead to a reduction of medication errors. Minor errors can be eliminated almost completely. The effect of CPOE-/CDS-systems on the rate of adverse drug events (ADE) is evaluated in only two primary studies with conflicting results. It is difficult to compare the results of economical studies because they evaluate different settings, interventions and time frames. In addition, the documentation often is not fully transparent. All four studies included measure costs and effects from the perspective of a hospital or hospital affiliation. Concerning social aspects, the literature points at changes regard competing interests of technology and humans that result from the implementation of CPOE-systems. The experience of institutions in which the implementation of CPOE-systems leads to problems showed that the importance of considering the socio-organisational context had partly been underestimated.

Discussion

CPOE-/CDS-systems are able to reduce the rate of medication errors when ordering medications. The adherence to guidelines, communication, patient care and personnel satisfaction can also be affected positively. However, the literature also reports negative effects, as through the use of CPOE-/CDS-systems new errors can be generated. This makes continuous revisions of the system, as well as data-updates necessary. Concerning the cost-benefit-ratio from the hospital perspective, the two qualitatively best economic studies show contradictory results. Therefore, a positive cost-benefit-ratio for individual hospitals cannot be assumed, particularly as the study results cannot be generalized.

Conclusions

If the implementation of CPOE-/CDS-systems is well planned and conducted, the system adapted to the needs of the institution and continuously reviewed, and data used are updated on a regular basis, the rate of medication ordering errors can be reduced considerably by using CPOE-/CDS-systems. However, it is not clear how this results in a reduction of ADE. Prospective, systematic multi-centre evaluation-studies with clear methodology are needed, which include an analysis of the user-friendliness and of social and technical aspects of the system. Such studies should evaluate the impact a CPOE-/CDS-system has on ADE-rates and mortality. A detailed description of the system used and of the hospital evaluated is essential. If possible, costs and cost effects should be surveyed and documented transparently.

4 Kurzfassung

4.1 Gesundheitspolitischer Hintergrund

Unerwünschte Arzneimittelwirkungen bzw. -ereignisse (UAW bzw. UAE) können nicht gänzlich ausgeschlossen werden, da sie ein kalkuliertes Risiko bei jeder Arzneimitteltherapie darstellen. Jedoch können jene UAE vermieden werden, die durch die Nichtanwendung von Wissen, z. B. zu Arzneimittelwechselwirkungen, entstanden sind. In Fachinformationen werden Wechselwirkungen von Arzneimitteln größtenteils beschrieben, jedoch ist ihre Berücksichtigung durch die Informationsfülle nur schwer in die ärztliche Routine einzugliedern. Zusätzlich können Kontraindikationen und Allergien zu Nebenwirkungen führen, die im Vorfeld nicht immer erkannt werden. Der Einsatz von Entscheidungsunterstützungssystemen (Clinical decision support system (CDS-System)) bei elektronischer Arzneimittelverordnung (Computerized physician order entry (CPOE)) sowohl im stationären als auch im ambulanten Bereich könnte helfen, die maximale Wirksamkeit und Sicherheit von Arzneimitteln zu gewährleisten.

In Deutschland bieten verschiedene Unternehmen CPOE-/CDS-Systeme an, sowohl für Krankenhäuser als auch für Arztpraxen. Es handelt sich dabei größtenteils um eine Entwicklung der letzten fünf bis zehn Jahre, die Projekte befinden sich teilweise noch in der Pilotphase bzw. in laufender Weiterentwicklung.

4.2 Wissenschaftlicher Hintergrund

UAE werden definiert als jeglicher Schaden, der einem Patienten während einer Arzneimittelbehandlung erwächst. Es wird unterschieden zwischen vermeidbaren und nicht-vermeidbaren UAE. Vermeidbare UAE sind Ereignisse, die, verursacht durch einen Medikationsfehler, nicht eingetreten wären, wenn der Patient *lege artis* behandelt worden wäre. Medikationsfehler sind Fehler, die im Prozess der Verordnung, Transkription, Abgabe, Verabreichung oder Kontrolle entstehen. Sie müssen nicht notwendigerweise zu einem UAE führen: Selbst potenzielle UAE können oft früh genug erkannt und korrigiert werden oder es kommt trotz der Verabreichung z. B. eines falschen Medikaments zu keinen Folgen für den Patienten. In den USA wie auch in England, Norwegen und Dänemark sterben pro Jahr mehr Menschen durch UAE als durch Verkehrsunfälle. In den USA tritt nach Schätzungen bei 770.000 Patienten während einem Krankenhausaufenthalt ein UAE auf. Valide Daten für Deutschland gibt es nicht, jedoch muss davon ausgegangen werden, dass die Lage in Deutschland ähnlich ist.

Generell kann es bei jedem Schritt des Medikationsprozesses im Krankenhaus zu Fehlern kommen: bei der Verordnung, bei der Übertragung der Verordnungen in den Medikationsplan, bei der Arzneimittelausgabe, bei der Verabreichung an den Patienten sowie durch Einnahmefehler vom Patienten. Unter den Verordnungsfehlern spielen neben falscher Dosierung (z. B. Nichtberücksichtigung des Patientengewichts oder einer Niereninsuffizienz) auch die Nichtbeachtung von Allergien, von klinisch relevanten Interaktionen und Kontraindikationen eine Rolle. In diesem Sinn inadäquate Verordnungen treten trotz ärztlicher Kompetenz und Sorgfalt immer wieder auf und sind vermutlich die häufigste Ursache vermeidbarer UAE.

Um die Zahl der Medikationsfehler zu reduzieren, werden verschiedene Strategien und Technologien vorgeschlagen. Zum einen können z. B. durch die Eingliederung von Pharmazeuten in das Patientenbetreuungsteam die Einrichtung von Satellitenapotheken in bestimmten Stationen (z. B. Intensivstation), die Förderung von Teamwork und offener Kommunikation im Betreuungsteam sowie Schulungen der Mitarbeiter in Bezug auf korrekte Medikation dazu führen, dass Medikationsfehler vermieden werden.

Zu möglichen Technologien zählen neben CPOE-Systemen u. a. elektronische Patientenakten (EMR), tragbare Geräte (Tablet-PC, Notebook, Palms), automatisierte Medikationsausgabemaschinen (ADM), elektronische Medikationsadministrations-Protokolle (eMAR) und Barcode-Technologie. Diese Technologien unterstützen die Fehlervermeidung in verschiedenen Abschnitten des Medikationsprozesses und werden auch häufig kombiniert eingesetzt. Für den Verordnungs- und Transkriptionsschritt des Medikationsprozesses sind vor allem CPOE-Systeme, EMR und tragbare Computer zu nennen.

CPOE-Systeme sind Computerprogramme, mit denen ärztliche Arzneimittelverordnungen elektronisch erfasst werden; sie ermöglichen eine komfortable Suche nach Arzneimitteln (Handelsname, Wirkstoff, ggf. Indikation, Preisvergleich) und eine Auswahl des Medikamentes aus einem Menü, zusammen mit der empfohlenen Dosierung, sowie einen direkten Zugriff auf patientenindividuelle Daten (Alter, Gewicht, Krankheit, Komedikation, Nierenfunktion usw.). Es gibt diese Systeme seit den 1970er Jahren.

CPOE-Systeme verwenden üblicherweise Verordnungssets (vorgefertigte Verordnungen für eine spezifische Diagnose oder Behandlungsmethode), mit deren Hilfe Fehler, die auf unvollständigen oder unleserlichen Angaben oder Übertragungsfehlern beruhen, vermieden werden.

Oft werden klinische Entscheidungshilfen (CDSS) in das CPOE-System integriert. CDSS beinhalten Warnungen, Erinnerungen, klinische Richtlinien, diagnostische Unterstützung, Tools für klinische Abläufe, Berichte zu Patientendaten und Dokumentationsvorlagen.

Mithilfe des CDSS kann – je nach System – unter anderem überprüft werden, ob die indikations-spezifische Dosis und die Applikationsfrequenz unter Berücksichtigung der Organfunktionen (inklusive Laborwerten) korrekt ist. Außerdem überprüft das System automatisch auf Vorliegen von klinisch relevanten Interaktionen mit anderen Medikamenten, die der Patient einnimmt, sowie auf Allergien und Kontraindikationen. Sind Dosierungsänderungen notwendig, erhält der Arzt einen Hinweis.

Mithilfe eines CPOE-Systems können durch die Vernetzung mit anderen Systemen des Krankenhaus-informationssystems (KIS) auch Labor- und Radiologieanweisungen sowie klinische Konsultationen elektronisch eingegeben, abgerufen, überwacht und ausfindig gemacht werden. Verfahren können standardisiert, die Kommunikation zwischen den Abteilungen verbessert, Patientenüberführungen erleichtert und Datensammlung für Management, Forschung und Qualitätskontrolle ermöglicht werden.

Dennoch haben nur wenige Krankenhäuser CPOE-Systeme implementiert (USA: 4,3 % bis 15 %). In Deutschland hat in den letzten fünf bis zehn Jahren eine Entwicklung von CPOE-Systemen stattgefunden. Die Projekte befinden sich teilweise noch in der Pilotphase bzw. in laufender Weiterentwicklung; neben dem Universitätsklinikum Heidelberg werden CPOE-Systeme z. B. auch am Klinikum Saarbrücken, an der Universitätsklinik Frankfurt und in Bottrop angewendet.

Die Implementierung eines CPOE-/CDS-Systems ist ein komplexes Unterfangen. Ob der Einsatz eines CPOE-Systems erfolgreich ist, hängt stark von der Veränderungsbereitschaft und von organisatorischen bzw. strukturellen Voraussetzungen im jeweiligen Krankenhaus ab (Projektmanagement, Personalressourcen, technische Gegebenheiten). Eine genaue Analyse der Organisationsstruktur der Institution und der Arbeitsabläufe, die durch die Implementierung des CPOE-Systems betroffen sind, sollte noch vor der Implementierung durchgeführt werden. Des Weiteren ist die Auswahl und Anpassung des CPOE-Systems an die Gegebenheiten der Institution, ausreichende finanzielle und technische Ressourcen, klare Mitarbeiterführung, Training und Unterstützung der Benutzer vor und nach Implementierung des Systems sowie eine ausreichende Anzahl von Verordnungssets ausschlaggebend für eine erfolgreiche Implementierung. Eine schrittweise Implementierung hat sich bewährt.

Auch die Art und Weise, wie Information vom CDSS bereitgestellt wird, beeinflusst den Umgang mit den jeweiligen Systemen. Nur Systeme, die sich an der ärztlichen Einschätzung von Risiken und deren klinischer Relevanz orientieren, finden Akzeptanz und modifizieren längerfristig das Verordnungsverhalten von Ärzten. Eine Flut irrelevanter Warnungen und Hinweise kann dazu führen, dass die Benutzer auch wichtige und relevante Warnungen zu ignorieren beginnen.

4.3 Forschungsfragen

Der Bericht geht folgenden Fragestellungen nach:

- Welche Zielgrößen sind geeignet, um die Auswirkungen von CPOE-Systemen zu beurteilen?
- Welche Auswirkungen haben CPOE-Systeme in Bezug auf diese Zielgrößen?
- Welche Kosteneffizienz zeigen CPOE-Systeme?
- Welche ethischen, sozialen bzw. juristischen Aspekte sind zu berücksichtigen?

Dabei werden ausschließlich im stationären Bereich und für die ärztliche Arzneimittelverordnung eingesetzte CPOE-Systeme betrachtet, die neben der elektronischen Erfassung von Verordnungen auch Entscheidungsunterstützungssysteme beinhalten.

4.4 Methodik

Vorliegender HTA-Bericht verfolgt die Methodik einer systematischen Literaturübersicht. Die Literaturrecherche wird am 04.10.2007 durchgeführt und schließt deutsche und englische Publikationen ab dem Jahr 2002 mit ein. Von den 791 aus der systematischen Literatursuche (in der DIMDI-HTA-Superbase sowie in HTA- und Cochrane-Datenbanken) resultierenden Zusammenfassungen verbleiben nach einem zweiseitigen Selektionsprozess nach einheitlichen, vorab definierten Kriterien acht Volltexte zur medizinischen und vier Volltexte zur ökonomischen Bewertung. 49 Publikationen werden insgesamt über Handsuche ergänzt. 180 Texte werden als Hintergrundliteratur verwendet (inklusive Texte, die soziale, ethische und juristische Aspekte behandeln), 139 Texte werden ausgeschlossen. Für die Behandlung der juristischen Aspekte werden außerdem relevante Gesetzestexte herangezogen. Die Aufarbeitung (Datenextraktion) und Bewertung der eingeschlossenen Volltexte erfolgt gemäß festgelegten Kriterien.

4.5 Ergebnisse

Die Ergebnisse der medizinischen Studien sind insgesamt schwer vergleichbar, da sie verschiedene Settings, Interventionen und Zeiträume betrachten. Erschwerend kommt die zum Teil sehr mangelhafte Transparenz der Dokumentation hinzu. Alle im vorliegenden Bericht eingeschlossenen Übersichtsarbeiten und Primärstudien berichten von einer Reduktion der Medikationsfehlerrate. Geringfügige Verordnungsfehler, die z. B. auf fehlende Angaben zurückzuführen sind, können fast gänzlich eliminiert werden, da die Vollständigkeit und Lesbarkeit von Verordnungen im CPOE-/CDS-System gewährleistet sind. Auch die positive Korrelation zwischen der Anzahl der verschriebenen Medikamente und dem Auftreten von Verordnungsfehlern kann durch CPOE-Systeme verhindert werden. Wird die Rate von UAE betrachtet, sind die Ergebnisse dazu in zwei neueren Studien widersprüchlich. Eine weitere mögliche Auswirkung der Verwendung von CPOE-Systemen ist, dass die Einhaltung von Leitlinien und die Patientenbetreuung (z. B. frühere Entfernung unnötiger Katheter) verbessert werden kann; allerdings kann keine Verbesserung der Behandlungsergebnisse gezeigt werden (wie z. B. weniger Harnwegsinfektionen). Auf die Dauer der Hospitalisierung hat die Verwendung von CPOE-Systemen meist keinen Einfluss.

In einer Studie wird als einer der Hauptnutzen eines CPOE-Systems die verbesserte Kommunikation innerhalb des Gesundheitspersonals hervorgehoben, in einer anderen Studie kann die Mitarbeiterzufriedenheit durch die Verwendung eines CPOE-Systems verbessert werden. Auch die Ergebnisse der ökonomischen Studien sind insgesamt schwer vergleichbar, da sie verschiedene Settings, Interventionen und Zeiträume betrachten. Erschwerend kommt die zum Teil sehr mangelhafte Transparenz der Dokumentation hinzu. Alle vier bewerteten Studien erfassen Kosten und Effekte aus Sicht eines Krankenhauses oder eines Krankenhausverbundes. Drei Studien rechnen diese monetär gegeneinander auf und kommen zu dem Ergebnis, dass insgesamt Nettoersparnisse durch die Einführung des jeweils betrachteten CPOE-Systems zu erwarten sind. Zu den Effekten zählen dabei beispielsweise Kosteneinsparungen durch geringeren bzw. effizienteren Arzneimittelverbrauch, effizientere Arbeitsabläufe oder geringere Krankenhausverweildauer aufgrund reduzierter UAE-Rate. Die vierte Studie nimmt implizit an, dass die Verhinderung von Medikationsfehlern und in der Folge von UAE für ein Krankenhaus einen (immateriellen) Wert per se hat. Sie berechnet die Kosten, die für jedes durch die CPOE-Einführung verhinderte UAE gezahlt werden müssen. Diese sind mit 12.700 USD allerdings deutlich höher als die mutmaßlich zu erwartenden Kosteneinsparungen durch ein verhindertes UAE. Aus Sicht des gesamten Gesundheitssystems sind die Auswirkungen der Einführung eines CPOE-Systems in beispielsweise allen oder in einem Großteil der Krankenhäuser weiter gefasst, da auch potenzielle Effekte in anderen Sektoren des Gesundheitssystems mit berücksichtigt werden müssen. Aus volkswirtschaftlicher Sicht sind des Weiteren Auswirkungen wie ein geringerer Produktivitätsausfall durch eine geringere Krankenhausverweildauer oder weniger

bleibende Behinderungen bei reduzierter UAE-Rate in Erwägung zu ziehen. Aus Patientensicht relevant sind Zugewinne der Lebensqualität, wenn UAE verhindert werden, bzw. – bei Mortalität durch UAE – ein Zugewinn an Lebensjahren.

Die Vergleichsalternative ist bei drei Studien, soweit angegeben, ein papierbasiertes System und in einem Fall ein (erst teilweise eingesetztes) elektronisches Arzneimittelverordnungssystem ohne Entscheidungsunterstützung. Die Ergebnisse lassen keine Rückschlüsse auf einen Vergleich von CPOE-/CDS-Systemen zu weiteren Alternativen der Medikationsfehlervermeidung wie etwa die Einstellung von zusätzlichem pharmazeutischem Personal zu.

In Anbetracht der Limitationen der Studienergebnisse und deren Widersprüchlichkeit ist die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf das deutsche Gesundheitssystem bzw. auf deutsche Krankenhäuser nur grundsätzlich anzusprechen: Hinsichtlich der (medizinischen) Wirksamkeit von CPOE-/CDS-Systemen im Sinne einer Verhinderung von UAE sind unterschiedliche Krankenhausstrukturen zu berücksichtigen, insbesondere ob es sich um ein kleineres, allgemein ausgerichtetes Krankenhaus handelt oder um ein großes, hoch spezialisiertes Krankenhaus. Hinsichtlich der Kosten einer CPOE-System-Einführung und insbesondere hinsichtlich der Bewertung der im Krankenhaus entstehenden Kosteneinsparungen ist auch ganz grundsätzlich von Unterschieden zwischen den Gesundheitssystemen auszugehen. Eine umfassende Evaluierung von Kosten und Nutzen ist nach dem Wissensstand der Autoren derzeit an keinem Krankenhaus in Deutschland geplant.

Im Hinblick auf soziale Aspekte thematisiert die entsprechende Literatur im Spannungsfeld Technik und Mensch die Veränderungen (z. B. in Verantwortlichkeiten oder Arbeitsprozessen), die aus der Einführung von CPOE-Systemen entstehen können. Auswirkungen dieser Änderungen werden hinsichtlich ihres Einflusses auf die Akzeptanz der CPOE-Systeme geprüft. Erfahrungen aus Einrichtungen, in denen die Einführung von CPOE-Systemen mit Problemen behaftet war, haben gezeigt, dass die Berücksichtigung des sozio-organisationalen Kontexts zum Teil unterschätzt wurde.

Eine Recherche nach Artikeln mit speziell ethisch relevanten Aspekten verlief ergebnislos bzw. lieferte keine repräsentativen Ergebnisse.

Hinsichtlich juristischer Implikationen wird diskutiert, inwiefern CPOE-Systeme als Medizinprodukte im Sinne des Medizinproduktegesetzes (MPG) zu klassifizieren sind und welche Folgen daraus erwachsen (z. B. Haftung).

4.6 Diskussion

CPOE-/CDS-Systeme sind in der Lage, die Medikationsfehlerrate bei der Verordnung von Arzneimitteln zu reduzieren. Inwieweit die klinisch relevantere UAE-Rate oder die Mortalität durch den Einsatz eines CPOE-Systems bzw. durch eine Reduktion von Ordnungsfehlern beeinflusst wird, kann bei der vorliegenden Datenlage nicht schlüssig beurteilt werden. Neben den Auswirkungen auf Medikationsfehler können CPOE-Systeme auch die Einhaltung von Richtlinien, Kommunikation, Patientenbetreuung und Zufriedenheit der Belegschaft positiv beeinflussen. Auch eine nach dem Suchzeitraum publizierte systematische Übersichtsarbeit kommt zu diesem Schluss.

Neben positiven Effekten von CPOE-/CDS-Systemen wird auch von negativen Auswirkungen berichtet. In einer Studie kommt es nach Implementierung eines CPOE-Systems in einem Kinderkrankenhaus sogar zu einem signifikanten Anstieg der Mortalität. Auch andere Autoren betonen, dass durch die Verwendung von CPOE-Systemen neue Fehler generiert werden können.

Diese Art von systemimmanenten Fehlern unterstreicht die Wichtigkeit der ständigen Überprüfung von CPOE-/CDS-Systemen. Eine weitere Fehlerquelle ist die Nichtvernetzung des CPOE-Systems mit anderen computergestützten Systemen, z. B. mit dem Apotheken- oder Laborsystem des Krankenhauses. Fehlendes Wissen über Medikamente und hinsichtlich der Eingabe bestimmter Medikationen sowie eine allgemein fehlende Vertrautheit mit dem System kann gerade für ungeübte Benutzer von CPOE-Systemen zu Fehlern führen. Dies betont die Wichtigkeit von Schulungen in Bezug auf Medikation als effektive Qualitätssicherungsmaßnahme und ausreichendem Training der Benutzer vor und Unterstützung während der Implementierung eines CPOE-Systems. Um die Effektivität eines CDSS zu gewährleisten, müssen die Auslöser für Warnungen entsprechend sensitiv und die Warnung selbst spezifisch sein, damit sie nicht ignoriert werden. Auch müssen ggf. die verwendeten Daten aktualisiert

werden. Das impliziert, dass Patientendaten vollständig vorliegen müssen, was wiederum die Wichtigkeit einer vollständigen Aufnahme-Anamnese betont. Da Warnungen zu nötigen Dosisanpassungen nur während des Verordnungsprozesses erstellt werden, ist eine tägliche, automatische Überprüfung der Medikation hinsichtlich der aktuellen Laborwerte erforderlich. Um die Gründe für Medikationsfehler zu identifizieren, wird ein standardisiertes Fehlermeldesystem benötigt, das klare Definitionen für Medikationsfehler und UAE verwendet. CPOE-Systeme haben große Auswirkungen auf die Organisationskultur und die klinischen Arbeitsabläufe in einer Institution; sie müssen daher auf bereits vorhandene Systeme und die Erfordernisse der entsprechenden Institution abgestimmt werden.

Hinsichtlich der Kosten-Nutzen-Relation aus Krankenhaussicht kommen die zwei qualitativ besten ökonomischen Studien zu widersprüchlichen Ergebnissen. Von einer positiven Kosten-Nutzen-Relation für das einzelne Krankenhaus kann deshalb nicht sicher ausgegangen werden, insbesondere da die Ergebnisse nicht generalisierbar sind. Aus Sicht des Gesundheitssystems bzw. aus volkswirtschaftlicher Sicht sind – vorausgesetzt, es kommt zu einer UAE-Reduktion – jedoch zusätzliche positive Auswirkungen, etwa die erhöhte Lebensqualität, zu berücksichtigen. Hierzu gibt es in der Literatur keine quantitativen Untersuchungen. Auch zum Vergleich von CPOE-/CDS-Systemen mit weiteren Alternativen der Medikationsfehlervermeidung, z. B. Personalaufstockung, ist anhand der Literatur wenig zu sagen.

4.7 Schlussfolgerung/Empfehlung

Wird die Implementierung eines CPOE-/CDS-Systems sorgfältig geplant, durchgeführt, das System an die Bedürfnisse der Institution angepasst und fortlaufend überwacht sowie die Daten ggf. aktualisiert, kann die Medikationsverordnungsfehlerrate durch die Verwendung von CPOE-Systemen deutlich gesenkt werden. Allerdings ist nicht klar, inwieweit dies eine Reduktion von UAE bewirkt. Es werden prospektive, systematische Multizentren-Evaluierungsstudien mit klarer Methodik gefordert, die eine Analyse der Benutzerfreundlichkeit und sozialer bzw. -technischer Aspekte einschließen und den Einfluss eines CPOE-/CDS-Systems auf die UAE-Rate (und Mortalität) untersuchen. Unverzichtbar ist eine genaue Beschreibung des verwendeten Systems und des untersuchten Krankenhauses. Nach Möglichkeit hat auch eine Erhebung und transparente Dokumentation der Kosten und Kosteneffekte zu erfolgen.

Eine quantitative Abschätzung der volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Einführung von CPOE-/CDS-Systemen an (allen) Krankenhäusern in Deutschland erscheint derzeit gewagt: Die bisherigen Ergebnisse in der Literatur sind in Hinblick auf die relevanten Endpunkte nur begrenzt aussagekräftig, erlauben selten eine klare Zuordnung zu einzelnen Teilmaßnahmen und Funktionalitäten der Systeme, geschweige denn Vergleichsalternativen; Rückschlüsse auf einen anderen Kontext sind nur bei höchster Transparenz der Darstellung möglich. Strukturierte Interviews an einer Auswahl von Krankenhäusern mit und ohne CPOE-/CDS-System bzw. mit alternativen Maßnahmen zur Medikationsfehlerreduktion könnten wichtige Inputs liefern bzw. helfen, den weiteren Forschungsbedarf einzuschätzen.

5 Summary

5.1 Health political background

Adverse drug reactions or events (ADR or ADE) cannot be avoided entirely as they are a calculated risk of any drug therapy. However, ADE which result from a non-application of knowledge, e. g. on drug interactions, can be prevented. Drug interactions are, for the most part, described in the summary of product characteristics. However, their consideration is difficult to include in the medical routine due to the abundance of information. In addition, contraindications and allergies can lead to side effects which are not always recognized immediately. The use of clinical decision support systems (CDS-system) during electronic prescription using a computerized physician order entry (CPOE) in the in- and outpatient setting could help to assure the maximum effectiveness and safety of pharmaceuticals.

In Germany, various vendors offer CPOE-/CDS-systems for hospitals and physicians' offices. These systems have mostly been developed during the last five to ten years, some of the projects are still in the pilot phase or are in the process of being further developed.

5.2 Scientific background

ADE are defined as any injury caused to a patient during drug treatment. 'Avoidable ADE' are differentiated from 'unavoidable ADE'. Avoidable ADE are events caused by a medication error and could have been avoided had the patient been treated *lege artis*. Medication errors are errors that occur in the process of ordering, transcription, dispensing, administration or monitoring drugs. They do not necessarily lead to an ADE; even 'potential ADE' can often be recognized and corrected soon enough or the administration of an incorrect drug does not cause any sequela in a patient. In the US, as well as the UK, Norway and Denmark, more people die per year due to ADE than due to traffic accidents. In the US, an estimated 770,000 patients experience an ADE during their hospital stay. Valid data for Germany do not exist, however, it has to be assumed that the situation is similar to that in the US.

Generally, errors can occur at any step of the medication process in the hospital or the physician's office: while ordering, transcribing the order into the medication plan, dispensing the drug, administering the drug to the patient, or because of erroneous intake by the patient. Among ordering errors, failure to take into account allergies, clinically relevant interactions and contraindications play a role besides choosing a wrong dose (e. g. due to a lack of consideration of the patient's weight or renal insufficiency). Despite physicians' competence and diligence, such inadequate prescriptions occur and are probably the most frequent reason for avoidable ADE.

To reduce the number of medication errors, different strategies and technologies are suggested. The integration of pharmacists into the team responsible for patient care, the installation of satellite-pharmacies at particular wards (e. g. intensive care units), the encouragement of team work and open communication within the team, as well as training of personnel regarding correct medication can prevent medication errors.

Apart from CPOE-systems, possible technologies that help to reduce the number of medication errors are electronic medical records (EMR), portable devices (tablet-PC, notebook, palms), automated medication dispensing machines, electronic medication administration records and barcode-technology. These technologies support the prevention of errors at different steps of the medication process and are often used combined with each other. At the steps of ordering and transcription, CPOE-systems, EMR and portable devices are primarily used.

CPOE-systems are computer programs which allow electronic prescription of medications; they make it possible to comfortably search for pharmaceuticals (brand name, active ingredients, indication, price comparison), select a drug from a pull-down menu together with a suggested dose, and directly access individual patient data (age, weight, diagnosis, comedication, renal function etc.). CPOE-systems exist since the 1970's.

CPOE-systems usually provide order sets (prepared prescriptions for a specific diagnosis and treatment) which help to avoid errors caused by incomplete or illegible information or transcription

errors. In general, CDSS are integrated in the CPOE-system. CDSS provides warnings, reminders, clinical guidelines, diagnostic support, tools for clinical processes, reports on patient data and documentation templates.

According to the system, the CDSS can review if the indication specific dose and application frequency is correct with regard to organ function (including laboratory values). In addition, the system automatically checks for clinically relevant interactions with other drugs the patient is taking, as well as for allergies and contraindications. In case a change of dose is necessary, the physician receives a warning.

By linking the CPOE-system to other information systems of the hospital, physicians can also enter, access, monitor and search for laboratory or radiology orders, and clinical consultations. Treatments can be standardised, the communication between wards improved, transfer of patients facilitated and data collection for management, research and quality control be made possible.

Despite this, only a few hospitals have implemented CPOE-systems (USA: 4.3 % to 15 %). In Germany, these systems have been implemented during the last five to ten years, some of the projects are still in the pilot phase or are in the process of being further developed. Apart from the university hospital in Heidelberg, CPOE-systems are also used in Saarbrücken, Frankfurt and Bottrop.

The implementation of a CPOE-/CDS-system is a complex process. The success of a CPOE-system strongly depends on the willingness to change and on the organisational and structural pre-requisites of the individual hospital (project management, personnel resources, technical circumstances). A detailed analysis of the organisational structure of the institution and of the work-flow affected by the implementation of the CPOE-system should be undertaken before implementation. Furthermore, the selection and adaptation of the CPOE-system according to the circumstances of the institution, sufficient financial and technical resources, distinct leadership, user training and support before and after implementation of the system, as well as a sufficient number of prepared order sets are crucial for a successful implementation. A step-wise implementation has been proven to increase the success rate.

The way information is provided by the CDSS also influences the use of the respective systems. Only systems oriented on the physicians' judgement of risks and clinical relevance are accepted and modify the prescription habits of physicians in the long run. An abundance of irrelevant warnings and notices can lead to the fact that users start to ignore important and relevant warnings as well.

5.3 Research questions

This report aims to answer the following questions:

- Which parameters are useful to evaluate the effects of CPOE-systems?
- What are the effects of CPOE-systems in regard to these parameters?
- What is the cost-effectiveness of CPOE-systems?
- What ethical, social and legal aspects need to be considered?

Only CPOE-systems used in the inpatient setting and for the prescription of medications with an integrated clinical decision support system are assessed

5.4 Methods

This HTA-report was prepared by applying the methods for a systematic literature review. The systematic literature search was conducted on October 4, 2007 and includes German and English publications since 2002. Of the 791 abstracts that the systematic literature search (in the DIMDI-HTA-superbase and HTA- and Cochrane-databases) yielded, eight medical and four economic publications were included following a two-part selection process according to standard, predefined criteria. 49 publications were added by hand search. A total of 180 publications are used as background literature (including publications on social, ethical and legal aspects), 139 publications are excluded. For the discussion of legal aspects, relevant texts of law are also used. Data extraction and assessment of included publications follow predefined criteria.

5.5 Results

The medical studies assessed evaluate different settings, interventions and time frames. Therefore, it is difficult to compare their results. The lack of transparency and documentation of some studies exacerbates this problem. All reviews and primary studies included in the present report show a reduction of the medication error rate. Minor errors (e. g. errors due to incomplete information) can be eliminated almost entirely by using CPOE-/CDS-systems, as they ensure the completeness and legibility of orders. The positive correlation between the number of prescribed drugs and the occurrence of medication errors can also be avoided by the CPOE-system. With regard to the rate of ADE, the results in two recent studies are contradictory. Additional possible effects of the use of CPOE-systems are the better adherence to standards of care and treatment (e. g. an earlier removal of catheters that have become unnecessary), however, an improvement of treatment results (e. g. less urinary tract infections) cannot be demonstrated. Length of stay is usually not affected by the use of CPOE-systems. In one study, improved communication of personnel is emphasised as the major benefit of the CPOE-system, another study shows that personnel satisfaction can be increased by using the CPOE-system.

The settings, interventions and time frames evaluated in economic studies also differ between studies. For this reason it is difficult to compare the results. In addition, the documentation often is not fully transparent. All four studies assessed measure costs and effects from the perspective of a hospital or hospital affiliation. Three studies financially balance these costs and effects against each other and come to the conclusion that net savings are to be expected by implementing the respective CPOE-system. Among the effects are, for example, cost savings due to reduced or more efficient use of drugs, more efficient work flow or a shorter length of stay due to a reduced ADE-rate.

The fourth study implies that the prevention of medication errors and, consequently, of ADE, results in an immaterial benefit per se for the hospital. The study calculates the costs which have to be paid for each ADE prevented by the implementation of CPOE. However, at 12,700 USD per prevented ADE, they are considerably higher than the cost savings presumably expected from a prevented ADE. From the perspective of the entire health system, the effects of CPOE-implementation in all or the majority of hospitals have a much broader scope, as potential effects in other areas of the health system have to be considered as well. From an economic point of view, effects such as shorter production downtime due to a shorter length of stay or less sequela due to a reduced ADE-rate need to be considered. From a patient's point of view, an increase in life quality or a gain in life years are relevant if ADE – which may lead to death – are prevented.

In three studies, the CPOE-system is compared to a paper-based system. In one study, it is a (partly implemented) electronic medication ordering system without clinical decision support. The results do not allow conclusions regarding a comparison of CPOE-/CDS-systems and other options of medication error prevention, such as the recruitment of additional pharmaceutical personnel.

Considering the limitations of the study results and their inconsistency, the transferability of the results to the German health system or to German hospitals can only be discussed in principle: regarding the (medical) effectiveness of CPOE-/CDS-systems to prevent ADE, different organisational structures of hospitals need to be considered, particularly if it is a small, general hospital or a large, highly specialized one. Regarding the costs of CPOE-system-implementation and the evaluation of cost savings of a hospital in particular, differences between health care systems need to be considered. According to the knowledge of the authors, a comprehensive evaluation of costs and benefits is not planned to be undertaken at any hospital in Germany.

Concerning social aspects, the literature points at changes (e. g. regarding responsibilities and work flow) the implementation of CPOE-systems may cause. How the effects of these changes influence the acceptance of the CPOE-system by users is evaluated. An underestimation of the importance of the socio-organisational context may cause problems in the implementation of CPOE-systems.

5.6 Discussion

CPOE-/CDS-systems are able to reduce the rate of medication errors when ordering medications. Using the available data, it cannot be assessed conclusively to what extent CPOE-systems or the

reduction of medication errors have an impact on the ADE-rate - which clinically is more relevant -, or on mortality.

Apart from effects on medication errors, CPOE-systems can also have a positive effect on the adherence to guidelines, communication, patient care, and personnel satisfaction. A systematic review published after the period of literature selection arrives at the same conclusions.

Apart from positive effects of CPOE-/CDS-systems, negative effects are also reported. In one study, mortality significantly increases after the implementation of a CPOE-system in a pediatric hospital. Other authors also emphasise that new errors can be generated by CPOE-systems.

These types of errors inherent to the system demonstrate the importance of continuously reviewing CPOE-/CDS-systems. An additional potential source of errors is the lack of integration of the CPOE-system with other computerized systems, e. g. the pharmacy- or laboratory system of the hospital. A lack of knowledge regarding medications and regarding how to enter specific medications into the system, as well as a general lack of familiarity with the system can lead to errors especially when users are inexperienced. This points to the importance of training regarding medication as an effective quality assurance measure. In addition, sufficient training of users before and support during the implementation of a CPOE-system needs to be provided. In order to assure the effectiveness of a CDSS, the triggers for warnings need to be sufficiently sensitive and the warning itself needs to be specific. Otherwise, warnings are often ignored. Furthermore, the data used by the system to support the decision making process need to be continuously updated. Thus, all patient data need to be available which emphasises the importance of a complete anamnesis at admission. As warnings regarding necessary dose-changes are only delivered during the ordering process, a daily, automated review of the medication a patient receives concerning current laboratory values is necessary. In order to identify the reasons for medication errors, a standardized error-detection-system is needed using precise definitions of medication errors and UAE.

CPOE-systems have a great impact on the organizational culture of and clinical work-flow in an institution; therefore, it needs to be adjusted to the computerized systems already in place and to the needs of the respective institution.

Regarding the cost-benefit-ratio from the hospital perspective, the two qualitatively best economic studies arrive at contradictory conclusions. A positive cost-benefit-ratio for an individual hospital can therefore not be assumed, particularly as the results cannot be generalised. From the perspective of the health care system or from an economic point of view, additional positive effects, e. g. an increase in life quality, need to be considered provided that the number of ADE is reduced. No quantitative evaluations exist on this topic. Regarding a comparison of CPOE-/CDS-systems with other options for medication error prevention, e. g. recruiting additional personnel, literature is lacking as well.

5.7 Conclusions/recommendations

If the implementation of CPOE-/CDS-systems is well planned and conducted, the system adapted to the needs of the institution and continuously reviewed, and data used are updated on a regular basis, the rate of medication ordering errors can be reduced considerably by using CPOE-/CDS-systems. However, it is not clear how this results in a reduction of ADE. Prospective, systematic multi-centre evaluation-studies with clear methodology, which include an analysis of the user-friendliness and of social and technical aspects of the system are needed. Such studies should evaluate the impact a CPOE-/CDS-system has on the ADE-rate and mortality. A detailed description of the system used and of the hospital evaluated is essential. If possible, costs and cost effects should be surveyed and documented transparently.

A quantitative evaluation of the economic effects of implementing a CPOE-/CDS-system in (all) hospitals in Germany seems to be bold: the reliability of study results regarding relevant endpoints is only limited so far. They rarely allow a clear assignment of the results to individual measures and functionalities of the systems, or to other options; conclusions in regard to another context are only possible when data presentation is highly transparent. Structured interviews at selected hospitals with and without CPOE-/CDS-systems or using other measures to prevent medication errors could provide important input and help to appraise the need for further research.

6 Hauptdokument

6.1 Gesundheitspolitischer Hintergrund

Durch die Einnahme von Medikamenten können unerwünschte Arzneimittelwirkungen (UAW) entstehen, die bei manchen Patienten tödlich enden¹⁵⁰. Eine 13-monatige Untersuchung von 2003 am deutschen Universitätsklinikum Erlangen zeigt, dass 3,8 % der internistischen Patienten aufgrund von UAW in das Klinikum eingeliefert werden⁹². Aus einer anderen, 30-monatigen Studie von 2001 an den internistischen sowie Notfallabteilungen der Städte Jena und Rostock geht hervor, dass 2,4 % der dortigen Aufnahmen sicher oder vermutbar durch ein UAW verursacht worden sind²⁸⁰. Diese Untersuchung schätzt die gesamten dadurch entstehenden Kosten in einer Hochrechnung für ganz Deutschland auf 400 Mio. Euro, gesteht jedoch Unsicherheiten in dieser Grobschätzung ein.

UAW bzw. unerwünschte Arzneimittelereignisse (UAE, vgl. 6.2.1: Arzneimittelverordnung und Patientensicherheit) können nicht gänzlich ausgeschlossen werden, da sie ein kalkuliertes Risiko bei jeder Arzneimitteltherapie darstellen. Vermieden werden können jedoch jene UAE, die durch Nichtanwendung von Wissen entstanden sind¹²⁸. Durch zunehmende Multimorbidität werden Patienten immer häufiger mit verschiedenen Arzneimitteln gleichzeitig behandelt. Die Wechselwirkungen sind selbst für den behandelnden Arzt aufgrund der Vielfalt an Patientenanamnesen schwer abschätzbar. Zusätzlich können Kontraindikationen und Allergien zu Nebenwirkungen führen, die im Vorfeld nicht immer erkannt werden. In Fachinformationen werden Wechselwirkungen von Arzneimitteln größtenteils beschrieben, ihre Berücksichtigung ist jedoch wegen der Informationsfülle nur schwer in ärztliche Routine einzugliedern. Der Einsatz von elektronischen Entscheidungsunterstützungssystemen bei Arzneimittelverordnungen sowohl im stationären als auch im ambulanten Bereich könnte helfen, maximale Wirksamkeit und Sicherheit von Arzneimitteln zu gewährleisten³⁹.

Softwaresysteme, mit deren Hilfe ein Arzt Arzneimittelverordnungen elektronisch eingibt und die darüber hinaus mit Tools zur Entscheidungsunterstützung (Clinical decision support, CDS) ausgerüstet sein können, werden als CPOE-Systeme (Computerized physician order entry) bezeichnet. Dabei werden sowohl Fachinformationen zu Arzneimitteln (Dosierung, Neben- und Wechselwirkungen etc.) als auch individuelle Patientendaten und ggf. weitere Wissensbasen integriert. CPOE-Systeme im Sinn von CPOE-/CDS-Systemen stellen automatisiert Entscheidungshilfen – z. B. hinsichtlich der Dosierung – zur Verfügung und zeigen gegebenenfalls Warnmeldungen an (für die genaue Definition und Abgrenzung vgl. Abschnitt 6.2 (Wissenschaftlicher Hintergrund). Grundsätzlich kann mithilfe eines CPOE-Systems jegliche Art von Verordnung, Bestellung und Auftrag computerunterstützt durchgeführt werden; so können z. B. durch die Vernetzung mit anderen Systemen des Krankenhausinformationssystems (KIS) auch Labor- und Radiologieanweisungen durchgeführt werden.

In Deutschland bieten verschiedene Unternehmen CPOE-Systeme an, sowohl für Krankenhäuser als auch für Arztpraxen. Es handelt sich dabei größtenteils um eine Entwicklung der letzten fünf bis zehn Jahre. Die Projekte befinden sich teilweise noch in der Pilotphase bzw. in laufender Weiterentwicklung. Am Universitätsklinikum Heidelberg beispielweise wurde eine Software entwickelt, die dort seit 2003 im Einsatz ist und zwischen 2005 und 2007 an weiteren acht Krankenhäusern in Deutschland, teilweise in Kooperation mit anderen Anbietern, eingeführt wurde (vgl. www.cpo.de). Auch z. B. am Klinikum Saarbrücken gibt es ein Pilotprojekt^{127, 128}.

6.2 Wissenschaftlicher Hintergrund

6.2.1 Arzneimittelverordnung und Patientensicherheit

UAE werden definiert als jeglicher Schaden, der einem Patienten während einer Arzneimittelbehandlung erwächst. Es wird unterschieden zwischen vermeidbaren und nicht-vermeidbaren UAE. Vermeidbare UAE sind Ereignisse, die durch einen Medikationsfehler verursacht werden und nicht eingetreten wären, wenn der Patient *lege artis* behandelt worden wäre.

Medikationsfehler sind Fehler, die im Prozess der Verordnung, Transkription (Übertragung der Verordnung in den Medikationsplan), Abgabe, Verabreichung oder Kontrolle entstehen³²⁶. Sie können u. a. mit dem Prozedere, dem Produkt oder der Produktbezeichnung, Verpackung und Nomenklatur, der Kommunikation und Ausbildung des Behandlungsteams sowie der Kontrolle der Behandlung

zusammenhängen^{68, 305}. Medikationsfehler sind z. B. potenzielle UAE, d. h. schwerwiegende Medikationsfehler, die das Potenzial haben, einen Patienten zu schädigen (z. B. einem Patienten, der bereits eine anaphylaktische Reaktion auf Penicillin hatte, wird Amoxicillin verschrieben). Auch Fehler, bei denen es lediglich um eine Abweichung vom empfohlenen Prozedere geht (z. B., die Dosierung eines Medikaments ist nicht optimal, oder die Überprüfung der Medikationskonzentration im Serum entspricht nicht den Standards des Krankenhauses) werden zu den Medikationsfehlern gerechnet. Medikationsfehler müssen also nicht notwendigerweise zu einem UAE führen. Selbst potenzielle UAE können oft früh genug erkannt und korrigiert werden oder es kommt trotz der Verabreichung z. B. eines falschen Medikaments zu keinen Folgen für den Patienten³²⁶.

Unvermeidbare UAE sind nicht auf einen Fehler zurückzuführen, sondern spiegeln das inhärente Risiko von Arzneimitteln wider; es sind UAE, die beim derzeitigen Wissensstand nicht vermieden werden können⁶⁸. Unvermeidbare UAE können auch als UAW (adverse drug reactions) bezeichnet werden⁶⁸.

In den USA, aber auch in England, Norwegen und Dänemark sterben pro Jahr mehr Menschen durch UAE als durch Verkehrsunfälle^{128, 282}. In den USA tritt nach Schätzungen bei 770.000 Patienten während eines Krankenhausaufenthalts ein UAE auf¹³⁸. Karnon et al.¹⁶⁰ gehen für das UK von einer jährlichen Anzahl an vermeidbaren UAE von 200 bis 700 in einem Krankenhaus mit 400 Betten aus. Valide Daten für Deutschland gibt es nicht^{128, 138}, jedoch muss davon ausgegangen werden, dass die Lage in Deutschland nicht anders ist¹³⁸. Nicht-vermeidbare UAE sind wie erwähnt ein absehbares Risiko jeder Arzneitherapie; führt jedoch Nichtanwendung vorhandenen Wissens zu vermeidbaren UAE, sollten Mittel und Wege gefunden werden, diese Anwendungslücke hintanzuhalten.

Generell kann es bei jedem Schritt des Medikationsprozesses im Krankenhaus zu Fehlern kommen: bei der Verordnung (16,5 bis 49 % der Fehler treten laut Schätzungen in der Literatur in dieser Phase auf), bei der Übertragung der Verordnungen in den Medikationsplan (10 bis 12 %), bei der patientenbezogenen Zusammenstellung der Arzneimittel (11 bis 14 %) und bei der Verabreichung an den Patienten (26 bis 53 %)^{26, 179, 180, 282}. Unter den Verordnungsfehlern spielen neben falscher Dosierung (z. B. Nichtberücksichtigung des Patientengewichts oder einer Niereninsuffizienz) auch die Nichtbeachtung von Allergien, klinisch relevanten Interaktionen und Kontraindikationen eine Rolle^{26, 282}.

In diesem Sinn inadäquate Verordnungen treten trotz ärztlicher Kompetenz und Sorgfalt immer wieder auf und sind vermutlich die häufigste Ursache vermeidbarer UAE. Wird ihre Ursache nicht in persönlichem Verschulden, sondern in der Organisation des Medikationsprozesses gesehen, kann ein Großteil dieser Medikationsfehler vermieden werden¹⁷⁹.

6.2.2 Strategien zur Reduktion von Medikationsfehlern

Um die Zahl der Medikationsfehler zu reduzieren, werden verschiedene Strategien und Technologien vorgeschlagen. So können durch Eingliederung von Pharmazeuten in das Patientenbetreuungsteam oder durch Einrichtung von Satellitenapotheken auf bestimmten Stationen (z. B. Intensivstation) Medikationsfehler verringert werden. Auch eine für bestimmte Medikamente verbindliche Überprüfung der Dosis oder ein Gesetz zur Unterbindung des Vertriebs von Medikamenten, die etwa einen gleich klingenden Namen haben, können zur Verminderung von Medikationsfehlern beitragen. Des Weiteren kann die Förderung von Teamwork und offener Kommunikation im Betreuungsteam dazu führen, dass Medikationsfehler unterbleiben^{150, 179, 180}. Auch Schulungen der Mitarbeiter in Bezug auf korrekte Medikation sind eine effektive Qualitätssicherungsmaßnahme^{7, 248, 326}.

Zu möglichen Technologien zählen neben CPOE-Systemen u. a. elektronische Patientenakten (electronic medical record (EMR)), tragbare Geräte (Tablet-PC, Notebook, Palms [Personal Digital Assistant; PDA]), automatisierte Medikationsausgabemaschinen (automated dispensing machines (ADM)), elektronische Medikationsadministrations-Protokolle (eMAR) und Barcode-Technologie. Diese Technologien unterstützen die Fehlervermeidung in verschiedenen Abschnitten des Medikationsprozesses und werden häufig kombiniert eingesetzt.

EMR machen zentral gespeicherte patientenbezogene klinische Information elektronisch verfügbar und stellen damit eine Datenbasis bereit, die sowohl aktiv für Entscheidungsunterstützung und -überprüfung als auch für Auswertungen zu Managementzwecken genutzt werden kann²⁵⁶. EMR

reduzieren die Rate an fehlender Information und erleichtern die Verwaltung komplexer klinischer Information. Außerdem kann die Koordination zwischen den verschiedenen Mitgliedern des Behandlungsteams verbessert werden⁷⁵.

Palms, Tablet-PC und Notebooks sind tragbare Computer, die von Heilberuflern genutzt werden, um Informationen direkt beim Patienten am Krankenbett abrufen zu können. Die Verfügbarkeit der Information erhöht den Komfort und fördert die Qualität der Krankenversorgung.

Im Bereich der Medikationsausgabe kommen ADM zum Einsatz. Dies sind Einrichtungen zur Lagerung von Medikamenten, die elektronisch die kontrollierte Ausgabe von Medikamenten ermöglichen und deren Verbrauch verfolgen. Die meisten Systeme arbeiten mit Benutzer-ID und Passwörtern; jedes Einloggen wird dokumentiert, ebenso die Namen der Patienten, für die Medikamente entnommen wurden. Außerdem kann das System Daten für die Finanzabteilung des Krankenhauses speichern³²⁶.

Zur Protokollierung der Medikationsverabreichung gibt es eMAR. Diese ermöglichen Ärzten und dem Krankenpflegepersonal einen einfachen und schnellen Zugriff auf alle Patienten- und Medikationsdaten. Auch können eMAR während des Verabreichungsprozesses Warnungen bereitstellen und verhindern, dass Medikationen gegeben werden, bevor alle verordneten Tests und Überwachungsanweisungen greifbar sind; außerdem können sie als Kommunikationsplattform verwendet werden, um sicherzustellen, dass Informationen zwischen Mitgliedern des Behandlungsteams und zwischen Tag- und Nachtdiensten nicht verloren gehen. Die Verwaltung der Medikamentenverabreichung kann dadurch gesichert, verbessert und weniger fehleranfällig gemacht werden.

Bei der Barcode-Technologie wird ein Barcode auf der Medikation und auf dem Identifikations-Armband des Patienten gescannt, um sicherzustellen, dass das richtige Medikament in der richtigen Dosis zum richtigen Zeitpunkt an den richtigen Patienten verabreicht wird.

Für die im Medikationsprozess anfallenden Schritte der Verordnung und der Übertragung der Verordnung in den Medikationsplan sind vor allem CPOE-Systeme, EMR und tragbare Computer zu nennen. CPOE-Systeme werden im folgenden Kapitel näher beschrieben.

6.2.2.1 CPOE-Systeme

CPOE-Systeme sind Computerprogramme, mit denen ärztliche Arzneimittelverordnungen elektronisch erfasst werden (vgl. auch Abschnitt 6.1 Gesundheitspolitischer Hintergrund); sie ermöglichen eine komfortable Suche nach Arzneimitteln (Handelsname, Wirkstoff, ggf. Indikation, Preisvergleich) und eine Auswahl des Medikaments aus einem Menü (inklusive der empfohlenen Dosierung) sowie einen direkten Zugriff auf patientenindividuelle Daten (Alter, Gewicht, Krankheit, Komedikation, Nierenfunktion usw.). Es gibt diese Systeme seit den 1970er Jahren^{186, 239, 302}. Die meisten sind für bestimmte Krankenhäuser entwickelt; mittlerweile sind auch kommerzielle Systeme am Markt.

CPOE-Systeme verwenden üblicherweise Verordnungssets (order sets), die auf Evidenz basierende Verordnungsrichtlinien³⁰⁵ in standardisierte Behandlungsstrategien integrieren können. Diese Verordnungssets sind vorgefertigte Verordnungen für eine spezifische Diagnose oder Behandlungsmethode, die in einem präzisen, einfach zu verwendenden Format in Kategorien organisiert und mit Auswahlfeldern ausgestattet sind⁵⁹.

Um eine Verordnung in das CPOE-System einzugeben, wird zunächst der Patient ausgewählt und ein passendes Ordnungsformular abgerufen. Nach Eingabe der Patientendaten (z. B. Gewicht) werden Medikament, Dosis und Darreichungsform ausgewählt. Die zur Eingabe von Verordnungen benötigte Zeit kann durch Verwendung dieser standardisierten Formulare verkürzt werden. Dadurch ist die Akzeptanz des Systems durch die Belegschaft positiv⁴⁶. Da die Verordnungssets gemäß den Behandlungsrichtlinien der Institution für die jeweilige Diagnose erstellt werden, wird durch ihre Verwendung der Einsatz optimaler Verfahren (best practices) durch die Ärzte gewährleistet^{59, 189, 270, 282}. Üblicherweise müssen alle Pflichtfelder in der Vorlage ausgefüllt werden. Damit wird sichergestellt, dass komplexe Informationen möglichst komplett, präzise und klar dargestellt werden. Die Vollständigkeit von Verordnungen und ihre fehlerfreie Übertragung in den Medikationsplan sind damit garantiert. Schon durch elektronische Erfassung der Verordnungen können Fehler, die auf

unvollständigen oder unleserlichen Angaben oder inkorrekten Übertragungen beruhen, vermieden werden^{59, 270, 282}.

Meist werden klinische Entscheidungshilfen (CDS) in das CPOE-System integriert. CDS-Systeme (CDSS) integrieren und evaluieren patientenspezifische Informationen und stellen die Ergebnisse dem Arzt schnell zur Verfügung^{240, 293}. Sie beinhalten Warnungen, Erinnerungen, klinische Richtlinien, diagnostische Unterstützung, Tools für klinische Abläufe, Berichte zu Patientendaten und Dokumentationsvorlagen.

Mithilfe des CDS kann – je nach System – unter anderem überprüft werden, ob die ärztliche Verordnung korrekt ist: Geprüft werden die indikationsspezifische Dosis, die Applikationsfrequenz unter Berücksichtigung der Organfunktionen (inklusive Laborwerten), Allergien, und Alter sowie Gewicht des Patienten. Außerdem überprüft das System automatisch das Vorliegen von klinisch relevanten Interaktionen mit anderen Medikamenten, die der Patient einnimmt, sowie von Kontraindikationen. Sind Dosierungsänderungen notwendig, erhält der Arzt einen Hinweis¹⁷⁹. So gibt es systemgenerierte Hinweise, die den Workflow unterbrechen, da sie den Benutzer zwingen, darauf zu reagieren; dies ist vor allem bei kritischen Warnungen sinnvoll. Information kann aber auch direkt in der Benutzeroberfläche bereitgestellt werden. Der Benutzer kann die Information verwenden, wenn er sie benötigt; ist sie im vorliegenden Fall irrelevant, kann er sie ignorieren. Es können auch Anfragen an das System gestellt werden, falls der Benutzer zusätzliche Informationen benötigt²⁶⁶. Kawamoto et al.¹⁶⁵ weisen darauf hin, dass nur die automatische Bereitstellung von Warnungen und Hinweisen des CDSS einen signifikanten Einfluss auf das Ordnungsverhalten von Ärzten zeigt.

Als Beispiel für ein typisches CPOE-/CDS-System soll im Folgenden ein Produkt vorgestellt werden, das am Universitätsklinikum Heidelberg entwickelt wurde und dort seit 2003 verwendet wird: Das CPOE-System macht für die Arzneimittelverordnung 14-tägig aktualisierte Arzneimittelmarktinformationen, Fachinformationen und Beipackzettel sowie hauseigene Informationen und wichtige Mitteilungen verfügbar (z. B. Hinweise der Apotheke, Arzneimittelrückrufe etc.), außerdem Informationen zu Präparaten der Hausliste und Eigenherstellungen³⁴⁸ (schriftliche Kommunikation Universitätsklinikum Heidelberg vom 22.05.2008). Die Suche nach Medikamenten ist fehlertolerant und erlaubt eine phonetische Recherche nach Handelsnamen. Auch eine optische Suche nach Darreichungsform, Farbe und Form ist möglich. Das System zieht automatisch Patientendaten heran und berechnet für jeden einzelnen Patienten die optimale Wirkstoffdosis. Das CDSS bietet Warnhinweise bei falscher Teilbarkeit von Tabletten, bei Überdosierung, Schwangerschaft und Stillzeit, bei nötiger Dosisanpassung wegen Niereninsuffizienz, Medikationswechselwirkungen und bei Katheter-Inkompatibilitäten. Außerdem stellt das CDSS Handlungsanweisungen der internen Arzneimittelkommission bereit (z. B. zum Einsatz von Medikamenten zur Schmerztherapie)³⁴⁸ (schriftliche Kommunikation Universitätsklinikum Heidelberg vom 22.05.2008).

Mithilfe eines CPOE-Systems können durch die Vernetzung mit anderen Systemen des KIS auch Labor- und Radiologieanweisungen sowie klinische Konsultationen elektronisch eingegeben, abgerufen, überwacht und ausfindig gemacht werden⁵³. Verfahren können standardisiert werden, die Kommunikation zwischen den Abteilungen verbessert, Patientenüberführungen erleichtert und Datensammlung für Management, Forschung und Qualitätskontrolle ermöglicht werden¹⁸⁶. CPOE-Systeme im weiteren Sinn sind auch dazu geeignet, die Erstellung und Übermittlung des Entlassungsbriefs an den zuständigen niedergelassenen Arzt zu beschleunigen²³⁰. Im Zusammenhang mit der Entlassung eines Patienten fordert das System außerdem den Benutzer auf, Termine für Nachuntersuchungen sowie Informationen zur Medikation in den Entlassungsbrief einzutragen. In CPOE-Systemen können bei Entlassungen ggf. auch Impfpfehlungen integriert werden (z. B. gegen Influenza während der Grippezeit bei älteren Personen)⁸⁶. Es konnte gezeigt werden, dass diese Systeme Vorteile hinsichtlich Qualität der Behandlung und Kostendämpfung sowie potenzieller Reduktion von Medikationsfehlern und UAE bieten^{53, 164, 186}. Auch in einer Studie von Fischer et al.¹⁰⁹ wird festgestellt, dass spezifische Hinweise im CPOE-System zu einem früheren Wechsel von intravenöser zu oraler Medikamentengabe führten und damit zu höherem Patientenkomfort, höherer Sicherheit und geringeren Kosten.

Trotzdem haben nur wenige Krankenhäuser CPOE-Systeme implementiert¹⁶⁴. In den USA arbeiten 4,3 % bis 15 % der Krankenhäuser mit einem CPOE-System¹⁶⁴. Werden Institutionen eingeschlossen, die den Prozess der Implementierung zumindest begonnen haben, steigen diese Zahlen auf bis zu

30 %¹⁶⁴. In Deutschland hat in den letzten fünf bis zehn Jahren eine Entwicklung von CPOE-Systemen stattgefunden, die Projekte befinden sich teilweise noch in der Pilotphase bzw. in laufender Weiterentwicklung; neben dem Universitätsklinikum Heidelberg werden CPOE-Systeme z. B. auch am Klinikum Saarbrücken, an der Universitätsklinik Frankfurt und in Bottrop angewendet.

Die geringe Implementierungsrate beruht laut Nace et al. (2006)²³⁰ weniger auf technischen Problemen als auf solchen organisatorischer Natur und absehbaren Schwierigkeiten mit klinischen Arbeitsabläufen. Auch ist die Auffassung verbreitet, dass die Verwendung des Systems zeitaufwändig und unflexibel sei¹⁸⁶. Berger et al.³⁷ stellen ebenfalls fest, dass der Zeitaufwand für Ärzte mit der Verwendung von CPOE-Systemen steigt.

Außerdem wird vor neuen Fehlerquellen bei der Verwendung von CPOE-Systemen gewarnt. So kann es vorkommen, dass bei der Selektion aus einem Pull-down-Menü eine Auswahl getroffen wird, die der korrekten Wahl zwar ähnlich ist (z. B. ähnlich klingendes Medikament), ihr aber nicht entspricht. Die Struktur des CPOE-Systems kann aufgrund der starken Detailfokussierung dazu führen, dass die ganzheitliche Perspektive auf den Patienten verloren geht. Auch Implementierungsfehler können auftreten. Koppel et al.¹⁷⁸ kommen zu dem Schluss, dass CPOE-Systeme zu Informationsfehlern führen können (die durch die Fragmentierung der Daten und fehlende Integration der verschiedenen Computer- und Informationssysteme eines Krankenhauses entstehen) und zu Fehlern an der Schnittstelle Mensch/Technik (z. B. durch von einem CPOE-System vorgeschriebene Arbeitsschritte, die nicht mit den in der Institution üblichen Arbeitsabläufen übereinstimmen). Auch Kaushal et al.¹⁶⁴ warnen vor Fehlern, die durch inkorrekte Standardvorschläge des Systems zu Dosierung oder Verabreichungsrouten entstehen und betonen die Wichtigkeit einer fortwährenden Überprüfung des CPOE- und CDS-Systems bzw. ggf. einer Aktualisierung der verwendeten Daten.

Miller et al.²¹⁷ stellen fest, dass ein Großteil der Medikationsfehler in der Pädiatrie durch CPOE-Systeme verhindert werden kann. Sie fordern das Management auch von Ausgabe- und Verabreichungsprozessen durch solche Computersysteme, damit gewährleistet ist, dass die korrekte Dosis zum richtigen Zeitpunkt verabreicht wird. So zeigen Fitzhenry et al.¹¹⁰, dass von rund 1.500 überprüften Medikationsverordnungen mehr als die Hälfte nicht wie im CPOE-System angewiesen verabreicht wurde. Auch Grandt et al.¹²⁸ weisen darauf hin, dass in Krankenhäusern 5,7 % der verordneten Medikamente nicht gegeben werden; in 3,2 % wird eine falsche Dosis und in 0,8 % ein falsches Medikament verabreicht. Auch die Compliance der Patienten spielt eine Rolle. Selbst wenn bei keinem der Schritte des Medikationsprozesses ein Fehler passiert, der Patient das Medikament jedoch nicht zu sich nimmt, kann es zu UAE kommen.

Wie sich zeigt, sind die verschiedensten CPOE-Systeme im Einsatz. Auch für CDSS kann keine einheitliche Definition gegeben werden, da die Funktionalität dieser Systeme sehr unterschiedlich ist. Im vorliegenden Bericht werden nur Studien bewertet, die CPOE-Systeme mit integriertem CDSS evaluieren.

6.2.2.1.1 Kosten von CPOE-Systemen

Die Kosten der Einführung eines CPOE-Systems hängen von vorhandenen (infrastrukturellen) Voraussetzungen im Krankenhaus sowie vom eingekauften System und seinen Komponenten ab; auch Faktoren wie die Größe des Krankenhauses sind relevant^{44, 108, 186, 236}. Manche Krankenhäuser entwickeln Softwaresysteme mit entsprechenden Eigenschaften auch selbst. Die Gesamtkosten eines CPOE-Systems, zusammengesetzt aus Anschaffungs- und laufenden Kosten, bestehen je nach Produkt bzw. System aus vielfältigen Einzelkomponenten. Dazu zählen^{108, 186, 211, 324}:

- Kosten für Hardware (z. B. Server, Handheld-Computer, Drucker; ggf. Upgrade der gesamten vorhandenen IT-Infrastruktur),
- Kosten für Software (z. B. Lizenzen),
- Personal- und Managementkosten (z. B. Einstellung von neuem Personal bzw. Ressourcenausweitung, Formung eigener Projektteams),
- Implementierungskosten (z. B. Installation, Prozessanpassungen, anwendungsspezifische Produktmodifikation, Adaptierung von Arbeitsabläufen, Netzwerkkosten),
- Kosten für Support (z. B. Schulungen, laufende technische Unterstützung),
- Kosten für Wartung, Aktualisierung.

Kostenangaben bzw. -schätzungen in der Literatur variieren dementsprechend und sind ohne genauere Aufschlüsselung nur begrenzt aussagekräftig. Relevant, um Reibungsverluste und damit auch Kosten zu vermeiden, ist darüber hinaus eine gut funktionierende Organisations- bzw. Kooperationskultur im Krankenhaus (vgl. auch Abschnitt 6.2.2.1.2 (Notwendige Voraussetzungen zur erfolgreichen Implementierung und Anwendung von CPOE-Systemen)).

Eine US-amerikanische Studie von 2003¹⁰⁸ berechnet anhand von fünf Beispielkrankenhäusern mithilfe eines Kostenmodells Anschaffungskosten von 7,9 Mio. USD (Kosten für Hardware, Server, Softwarelizenzen, Netzwerk, Drahtlosgeräte, Implementierungsservice durch den Softwareanbieter, IT-Projektteam und -führung, weitere Personal-, sonstige Kosten) und laufende Kosten pro Jahr von 1,35 Mio. USD (Hard- sowie Software, Netzwerk und Schnittstellenwartung; IT-Ressourcen für CPOE-Wartung und -Upgrade, weitere Personalkosten). Diese Schätzungen beziehen sich auf ein Krankenhaus mit ca. 500 Betten und 25.000 Aufnahmen pro Jahr, in dem die meisten Verordnungen durch im Haus angestellte Ärzte durchgeführt werden und in dem das CPOE-System für alle Krankenhausabteilungen (exklusive der Notfallabteilung) eingeführt wird und keine größeren Upgrades der Netzwerkinfrastruktur notwendig sind. Ausgegangen wird vom Neukauf eines kommerziell entwickelten CPOE-Systems, für das entweder die Schaffung von Schnittstellen zu schon existierenden Systemen wie Labor- und Röntgenbefundung notwendig ist oder bei dem ein Komplettsystem (inklusive Labor- und Röntgenbefundung) implementiert wird. Eine andere US-amerikanische Studie von 2005²³⁶ berechnet in einer Hochrechnung die CPOE-Kosten sowohl für große (städtische) als auch für kleine, wenig spezialisierte Krankenhäuser und kommt zum Schluss, dass die Kosten zwar in direkter Abhängigkeit zur Krankenhausgröße stehen, jedoch für ländliche und kleinere Krankenhäuser die Kosten einen empfindlich hohen Anteil des Gesamtbudgets ausmachen. Vier Kosten-Wirksamkeits- bzw. Kosten-Nutzen-Analysen aus den Jahren 2002 bis 2007^{116, 163, 279, 344} errechnen (auf den Gegenwartswert diskontierte) Gesamtkosten einer CPOE-Einführung im ein- bis zweistelligen Millionen-Dollar-Bereich. Diese Berechnungen beziehen sich auf Betrachtungszeiträume zwischen fünf und zehn Jahren; für genauere Angaben sei auf Tabelle 27 (Gesamtkosten von CPOE-Systemen bei Wu et al., Kaushal et al., Fung et al. und Schmitt et al. zum Vergleich) im Anhang verwiesen bzw. auf Abschnitt 6.5.5.4 (Zusammenfassung und Bewertung der Studienergebnisse).

6.2.2.1.2 Notwendige Voraussetzungen zur erfolgreichen Implementierung und Anwendung von CPOE-Systemen

Die Implementierung eines CPOE-Systems ist ein komplexes Unterfangen und sollte deshalb nicht das erste computerbasierte System in einer Organisation sein. Online-Zugang zu elektronischen Fachbüchern, medizinischer Literatur und Richtlinien sollten bereits vorhanden sein. Während der Implementierung sollten keine anderen großen administrativen oder klinischen Informationssystemprojekte durchgeführt werden¹⁸⁶.

Ob der Einsatz eines CPOE-Systems erfolgreich ist, hängt stark von der Veränderungsbereitschaft der Belegschaft und des Managements und von organisatorischen bzw. strukturellen Voraussetzungen im jeweiligen Krankenhaus ab (Projektmanagement, technische Gegebenheiten)^{151, 193}. Eine Analyse der Organisationsstruktur der Institution und der Arbeitsabläufe, die davon betroffen sind, sollte noch vor der Implementierung des CPOE-Systems durchgeführt werden²⁸⁵.

Des Weiteren sind folgende Schritte für eine erfolgreiche Implementierung zu beachten^{23, 155, 157, 182, 193, 200, 254, 285, 327}.

- Auswahl und Anpassung von kommerziellen CPOE-Systemen: Die Einbindung von Benutzern, die mit den Arbeitsabläufen im Krankenhaus vertraut sind, ist bei der Auswahl und Anpassung von kommerziellen CPOE-Systemen unabdingbar.
- Ressourcen: Finanzielle, personelle und technische Ressourcen für die Implementierung müssen ausreichend sein.
- Mitarbeiterführung: Um Widerständen gegenüber den Veränderungen in der Belegschaft zu begegnen, ist eine starke Mitarbeiterführung durch Vorgesetzte, die von den Vorteilen des Systems überzeugt sind und sich dazu bekennen, hilfreich.

- Kommunikationskultur: Auf der Basis von Vertrauen der Belegschaft in das Management und umgekehrt werden konstruktives Feedback, Änderungen zum Zweck der Qualitätsverbesserung, kontinuierliches Lernen und eine klare Darstellung des zu erwartenden Nutzens bzw. möglicher Probleme mit dem CPOE-System ermöglicht.
- Verordnungssets: Zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme des Systems sollte bereits eine ausreichende Anzahl von Verordnungssets zur Verfügung stehen.
- Training: Auch ausreichendes Training der Benutzer und Unterstützung besonders in der Anfangsphase tragen zum Erfolg eines CPOE-Systems bei.

Auch für die Wartung des Systems und ggf. nötige Aktualisierungen der Daten ist zu sorgen.

Eine schrittweise Implementierung hat sich bewährt¹⁶⁶. Außerdem sollte das System auf die speziellen Erfordernisse der Institution bzw. bestimmter Abteilungen abgestimmt und eine ausreichende Vorbereitungszeit vorgesehen sein. So haben z. B. Reingold und Kulstad²⁶² festgestellt, dass das Design der Verordnungssets (übersichtliches, kompaktes Format und Abstimmung auf die Diagnose nach Diskussion mit den entsprechenden Fachärzten) deren Verwendung positiv beeinflusst²⁶². Verordnungsvorlagen, die über längere Zeit hinweg in Zusammenarbeit mit Ärzten, Pharmazeuten und Krankenschwestern erstellt und kontinuierlich verbessert werden, sind eine effiziente Strategie, das Fehlerpotenzial bei der Verordnung von Medikamenten zu reduzieren⁸⁹.

Auch die Art und Weise, wie Information vom CDSS bereitgestellt wird, beeinflusst den Umgang mit dem System. Nur Systeme, die sich an der ärztlichen Einschätzung von Risiken und deren klinischer Relevanz orientieren, finden Akzeptanz und modifizieren längerfristig das Ordnungsverhalten von Ärzten¹²⁷. Eine Flut irrelevanter Warnungen und Hinweise kann dazu führen, dass die Benutzer auch wichtige und relevante Warnungen zu ignorieren beginnen^{127, 145, 329}. Als weitere Gründe für die Ineffektivität von Warnungen wird angegeben, dass diese zu lang, schwierig zu interpretieren oder deren klinische Konsequenzen unklar sind; außerdem werden Zeitmangel, unnötige Unterbrechungen des Workflows und technische Probleme als Gründe für die Nichtbeachtung von Warnungen genannt³²⁹. Rosenbloom et al.²⁶⁶ schlagen vor, dass ein effektives CDSS nur Informationen liefern soll, die dem Benutzer entweder unbekannt sind oder die er nicht in Betracht gezogen hat und die relevant für die entsprechende Verordnung sind; Informationen sollten so bereitgestellt werden, dass der Workflow möglichst wenig unterbrochen wird; ein Warnhinweis sollte optisch umso aufdringlicher sein, desto wichtiger und dringender die bereitgestellte Information ist.

Ein sicheres Warnsystem soll Meldungen kreieren, die für den Patienten klinisch wichtig sind und Alter, Geschlecht, bekannte Allergien, Serumlevel usw. berücksichtigen; die Eingabe von Ausnahmen soll einfach sein und sich positiv auf Anzahl und Genauigkeit zukünftiger Warnungen auswirken. Des Weiteren müssen Warnungen ausnahmslos in Fällen von Gefahr angezeigt werden; die Informationen müssen klar und eindeutig und die Informationsmenge mit einem Blick überschaubar sein. Wichtig ist auch eine Begründung für die Warnung und das Anführen des Risikos bei deren Nichtbeachtung³²⁹.

6.3 Forschungsfragen

Die vom Deutschen Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) übermittelte Fragestellung lautet: „Welche Auswirkungen haben CPOE-Systeme auf die Fehlerrate bei der Medikation sowie auf ADE und Patientenoutcome? Welche Kosteneffizienz zeigen CPOE-Systeme?“

Folgende Forschungsfragen wurden festgelegt:

- Welche Zielgrößen sind geeignet, um die Auswirkungen von CPOE-Systemen zu beurteilen?
- Welche Auswirkungen haben CPOE-Systeme in Bezug auf diese Zielgrößen?
- Welche Kosteneffizienz zeigen CPOE-Systeme?
- Welche ethischen, sozialen bzw. juristischen Aspekte sind zu berücksichtigen?

Dabei werden in diesem Bericht ausschließlich im stationären Bereich und für die ärztliche Arzneimittelverordnung eingesetzte CPOE-Systeme betrachtet, die neben der elektronischen Erfassung von Verordnungen auch Entscheidungsunterstützungssysteme beinhalten (vgl. auch 6.5.1, Ergebnisse der Erstselektion).

6.4 Methodik

6.4.1 Suchstrategie und Datenquellen

Es wird eine systematische Literatursuche in 27 internationalen Literaturdatenbanken durchgeführt.

Für die Suche (vgl. Tabelle 12 Suchstrategie im Anhang) werden fünf Schlagwortgruppen gebildet. Diese enthalten Begriffe (inklusive relevanter Synonyme) zu:

1. CPOE
2. Verschiedenen Studiendesigns
3. Ökonomie
4. Ethik
5. Recht

Für die Suche nach medizinischen Texten werden die Gruppen eins und zwei mit UND verknüpft, für die Suche nach ökonomischen Texten werden die Gruppen eins und drei mit UND verknüpft, für die Suche nach Artikeln zu ethischen und juristischen Aspekten die Gruppen eins und vier bzw. fünf. Darüber hinaus wird der Suchzeitraum auf die Jahre 2002 bis 2007 eingeschränkt (Zeitpunkt der Suche: 04.10.2007). Der Ausschluss von Arbeiten vor 2002 erscheint auch aufgrund der kontinuierlichen technischen Weiterentwicklung sinnvoll. Publikationen, die nicht deutsch- oder englischsprachig sind, werden ausgeschlossen.

Eine zusätzliche Handsuche wird durchgeführt (z. B. Internetrecherche, Prüfung von Literaturreferenzen der vorliegenden Studien, Literaturhinweise von mit der Materie befassten Experten).

Für die Handsuche nach Texten zu ethischen, sozialen und juristischen Aspekten wurden in verschiedensten internationalen Datenbanken neben Kombinationen der Schlagwortgruppen eins, vier und fünf (UND- und ODER-Verknüpfung) folgende Schlagworte (in Englisch und Deutsch) in Verbindung mit UND- und ODER-Verknüpfungen mit den Worten „sozial“, „ethi*(k|s)ch“ und „juristisch/Recht“ verwandt: Risiko (risk), Regulierung (regulation), ICT, sozial (social), juristisch (legal), Haftung (liability), Implementierung (implementation, deployment, integration), Zufriedenheit (satisfaction), Emotionen (emotion(s)), Erfolg (success), communication, misunderstanding, qualitative, benefit(s), improvement, importance, concern(s), resistance, not using, patterns, socio-economic, socio-technical, organization(al), people, management, physician(s), issues, barrier(s), challenges, interdisciplinary, impact, consequences, cognitive, corporate culture, roles, human interaction, optimism, pessimism, evaluation, elektronisch, electronic prescribing, electronic medical record, Gesundheitsakt(e), (Gesundheits-)Telematik, Datenschutz, privacy, confidentiality, insurance (denial(s)), MPG und Anwendung(en).

6.4.2 Selektionskriterien

6.4.2.1 Erstselektion

Für die Auswahl der Zusammenfassungen zur Bestellung der Volltexte werden die in Tabelle 1 (Ein- und Ausschlusskriterien zur Selektion der Zusammenfassungen) dargestellten Selektionskriterien verwendet. Einträge mit mangelnden Angaben (z. B. fehlende Zusammenfassung) werden im Zweifelsfall zur Beurteilung im Volltext eingeschlossen. Die Auswahl erfolgt durch zwei unabhängige Personen, die mit dem Vorgehen der evidenzbasierten Medizin vertraut sind.

Tabelle 1: Ein- und Ausschlusskriterien zur Selektion der Zusammenfassungen

<p><u>Einschlusskriterien</u></p> <p>Zielgruppe/Sektor</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Stationärer Bereich¹ <p>Intervention</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Arzneimittelverordnung mithilfe eines CPOE-Systems² im Vergleich zur Arzneimittelverordnung ohne CPOE-System oder im Vergleich zur Arzneimittelverordnung mithilfe einer anderen Intervention zur Vermeidung von Medikationsfehlern/Erhöhung der Patientensicherheit <p>Land</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Studien mit Bezug auf Deutschland oder einem vergleichbaren Land (Resteuropa, USA, Kanada, Australien, Neuseeland ...) <p>Studiendesign</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Primärstudien, (systematische) Literatur-Reviews, Metaanalysen, HTA-Berichte³ 5. Studien mit Gegenüberstellung von Kosten und Wirksamkeit/Nutzwert/Nutzen³ 6. Kostenanalysen, Behandlung von Kosten im weiteren Sinn 7. Medizinische Hintergrundartikel (inklusive Guidelines) <p>Weitere Einschlusskriterien</p> <ol style="list-style-type: none"> 8. Artikel zu ethischen, sozialen oder rechtlichen Aspekten der Intervention <p><u>Ausschlusskriterien</u></p> <p>Formale Kriterien</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Studien, die nicht in deutscher oder englischer Sprache publiziert sind 2. Duplikate <p>Medizinische Kriterien</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Andere Intervention 4. Nicht zur Fragestellung passende Schwerpunktsetzung bzw. zu allgemein 5. Anderes Thema <p>Studiendesign</p> <ol style="list-style-type: none"> 6. Bei allen nicht-ökonomischen Studien: Kongresspräsentationen, Poster usw. (soweit offensichtlich kein publizierter Volltext im Hintergrund); ausgenommen „Structured Abstracts“ des CRD

CPOE = Computerized physician order entry. CRD = Center for Reviews and Dissemination. USA = United States of America, dt.: Vereinigte Staaten von Amerika.

¹ Vgl. Abschnitt 6.5.1.

² Betrachtet werden Systeme *mit* Entscheidungsunterstützung bei der Arzneimittelverordnung. Nicht betrachtet werden Systeme, die Entscheidungshilfen nur für bestimmte Krankheitsbilder ausgeben (z. B. Diabetes). Eine genaue Beschreibung von CPOE-Systemen findet sich unter 6.2.2.1

³ Kriterien 1, 2 und 3 müssen ebenfalls erfüllt sein.

Quelle: ÖBIG-FP-eigene Darstellung

6.4.2.2 Zweitselektion

6.4.2.2.1 Medizinische Volltexte

Die vorliegenden Volltexte werden anhand der in Tabelle 2 (Selektionskriterien für die medizinischen Volltexte) angeführten Selektionskriterien geprüft. Alle Studien, die eines der Ausschlusskriterien erfüllen, werden ausgeschlossen. Alle Studien, die die formalen und medizinischen Einschlusskriterien erfüllen und eines der bei den Einschlusskriterien genannten Studiendesigns aufweisen, werden in die zu bewertende Literatur eingeschlossen. Alle übrigen Texte dienen potenziell als Hintergrundliteratur.

Tabelle 2: Selektionskriterien für die medizinischen Volltexte

<p><u>Einschlusskriterien</u></p> <p>Formale Kriterien</p> <ul style="list-style-type: none"> • Veröffentlichte Publikationen ab einschließlich 2002 <p>Medizinische Kriterien</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielgruppe/Sektor: Stationärer Bereich¹ • Intervention: Arzneimittelverordnung mithilfe eines CPOE-Systems² im Vergleich zur Arzneimittelverordnung ohne CPOE-System oder im Vergleich zur Arzneimittelverordnung mithilfe einer anderen Intervention zur Vermeidung von Medikationsfehlern/Erhöhung der Patientensicherheit
--

Fortsetzung Tabelle 2: Selektionskriterien für die medizinischen Volltexte

<p>Studiendesign</p> <ul style="list-style-type: none"> • Endpunkt: Medikationsfehlerrate und/oder UAE-Rate und/oder Mortalität • Prospektive Primärstudien <p>Metaanalysen, HTA-Berichte, systematische Übersichtsarbeiten</p>
<p>Ausschlusskriterien</p> <p>Formale Kriterien</p> <ul style="list-style-type: none"> • Studien, die nicht in deutscher oder englischer Sprache publiziert wurden • Duplikate • Kongresspräsentationen, Poster usw. (soweit offensichtlich kein publizierter Volltext im Hintergrund); ausgenommen „Structured Abstracts“ des CRD
<p>Medizinische Kriterien</p> <ul style="list-style-type: none"> • Andere Zielgruppe/Sektor • Andere Intervention • Anderes Studiendesign • Nicht zur Fragestellung passende Schwerpunktsetzung bzw. zu allgemein • Anderes Thema

CPOE = Computerized physician order entry. CRD = Center for Reviews and Dissemination. UAE = Unerwünschtes Arzneimittelereignis.

¹ Vgl. Abschnitt 6.5.1.

² Betrachtet werden Systeme mit Entscheidungsunterstützung bei der Arzneimittelverordnung. Nicht betrachtet werden Systeme, die Entscheidungshilfen nur für bestimmte Krankheitsbilder ausgeben (z. B. Diabetes). Eine genaue Beschreibung von CPOE-Systemen findet sich unter 6.2.2.1

Quelle: ÖBIG-FP-eigene Darstellung

6.4.2.2.2 Ökonomische Volltexte

Die dem ökonomischen Teil zugeordneten Volltexte werden anhand der in Tabelle 3 (Selektionskriterien für die ökonomischen Volltexte) angeführten Selektionskriterien geprüft. Alle Studien, die eines der Ausschlusskriterien erfüllen, werden ausgeschlossen. Alle Studien, die die formalen und medizinischen Einschlusskriterien erfüllen und eines der bei den Einschlusskriterien genannten Studiendesigns aufweisen, werden in die zu bewertende Literatur eingeschlossen. Alle übrigen Texte dienen, zuzüglich Lehrbuchliteratur u. a., bei ausreichender Relevanz und Qualität als Hintergrundliteratur.

Tabelle 3: Selektionskriterien für die ökonomischen Volltexte

<p>Einschlusskriterien</p> <p>Formale Kriterien</p> <ul style="list-style-type: none"> • Veröffentlichte Publikationen ab einschließlich 2002
<p>Medizinische Kriterien</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielgruppe/Sektor: Stationärer Bereich¹ • Intervention: Arzneimittelverordnung mithilfe eines CPOE-Systems² im Vergleich zur Arzneimittelverordnung ohne CPOE-System oder im Vergleich zur Arzneimittelverordnung mithilfe einer anderen Intervention zur Vermeidung von Medikationsfehlern/Erhöhung der Patientensicherheit
<p>Studiendesign</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kosten-Wirksamkeits-Analysen • Kosten-Nutzen-Analysen • Kosten-Nutzwert-Analysen • Kosten-Minimierungs-Analysen

Fortsetzung Tabelle 3: Selektionskriterien für die ökonomischen Volltexte

<p><u>Ausschlusskriterien</u></p> <p>Formale Kriterien</p> <ul style="list-style-type: none"> • Studien, die nicht in deutscher oder englischer Sprache publiziert wurden • Duplikate • Abstractpublikation
<p>Medizinische Kriterien</p> <ul style="list-style-type: none"> • Andere Intervention • Andere Zielgruppe • Nicht zur Fragestellung passende Schwerpunktsetzung bzw. zu allgemein • Anderes Thema
<p>Weitere Kriterien</p> <ul style="list-style-type: none"> • Studien ohne Bezug auf Deutschland oder ein vergleichbares Land (d. h. primär Resteuropa, USA, Kanada, Australien, Neuseeland)

CPOE = Computerized physician order entry. USA = United States of America, dt.: Vereinigte Staaten von Amerika.

¹ Vgl. Abschnitt 6.5.1.

² Betrachtet werden Systeme *mit* Entscheidungsunterstützung bei der Arzneimittelverordnung. Nicht betrachtet werden Systeme, die Entscheidungshilfen nur für bestimmte Krankheitsbilder ausgeben (z. B. Diabetes). Eine genaue Beschreibung von CPOE-Systemen findet sich unter 6.2.2.1

Quelle: ÖBIG-FP-eigene Darstellung

6.4.2.2.3 Ethische, soziale und juristische Aspekte

Volltexte, die weder gemäß medizinischen noch ökonomischen Selektionskriterien eingeschlossen werden können, werden hinsichtlich ihrer Relevanz zur Darstellung ethischer, sozialer bzw. juristischer Aspekte der Fragestellung geprüft.

6.4.3 Bewertung der Studienqualität

6.4.3.1 Medizinische Volltexte

Zur Bewertung der Studienqualität der systematischen Übersichtsarbeiten werden folgende Kriterien herangezogen:

1. Ist die Forschungsfrage klar formuliert und relevant für die eigene Fragestellung?
2. Ist die Literaturrecherche ausreichend dokumentiert?
3. Sind Ein- und Ausschlusskriterien definiert?
4. Wurde die Literaturselektion und Datenextraktion unabhängig von verschiedenen Personen durchgeführt?
5. Gibt es eine Bewertung der Studienqualität?
6. Werden methodisch bedingte Limitationen der Aussagekraft kritisch diskutiert?
7. Wird ggf. weiterer Forschungsbedarf identifiziert?
8. Ist eine Übertragbarkeit der Ergebnisse bzw. Schlussfolgerungen auf deutsche Verhältnisse gegeben?

Zur Bewertung der Studienqualität der medizinischen Volltexte werden folgende Kriterien herangezogen:

- Studiendesign/Protokoll (randomisierte bzw. nicht-randomisierte, kontrollierte Studien, Beobachtungsstudien mit und ohne Kontrollgruppe)
- Auswahl der Endpunkte (klinische Endpunkte, wie Morbidität, Mortalität, unerwünschte Arzneimittelwirkung; Surrogatendpunkte, wie beobachtete Fehler, Labor-Testergebnisse; andere Endpunkte, z. B. Einhalten von Handlungsrichtlinien; Endpunkte, die für die Reduzierung medizinischer Fehler nicht-relevant sind)

- Auswertung/Interpretation der Daten
- Datenanalyse und statistische Auswertung
- Diskussion designtypischer Biasformen
- Generalisierbarkeit (externe Validität)

6.4.3.2 Ökonomische Volltexte

In die nähere Bewertung eingeschlossene Publikationen werden gemäß der von Drummond et al.⁹⁴ empfohlenen „10-Punkte-Checkliste für die Bewertung von ökonomischen Evaluationen“ geprüft. Für ökonomische Studien liegen keine international einheitlichen Bewertungskriterien vor. Die Checkliste wird als Hilfestellung bei der qualitativen Bewertung ökonomischer Modellrechnungen herangezogen.

Die 10-Punkte-Checkliste enthält folgende Bewertungskriterien:

1. Wurde eine ausreichend formulierte und beantwortbare Frage gestellt?
Wurden sowohl Kosten als auch Effekte untersucht? Wurden Alternativen verglichen? Wurde die Perspektive für die Analyse angeführt?
2. Wurden die konkurrierenden Alternativen ausreichend beschrieben?
Wurden alle relevanten Alternativen erwähnt?
3. Wurde die Wirksamkeit der Maßnahme begründet?
Wurden die Ergebnisse auf Basis von randomisierten kontrollierten Studien (RCT) gewonnen? Wurde reflektiert, was unter Alltagsbedingungen geschieht? Wurde eine systematische Übersichtsarbeit durchgeführt? Wurden Beobachtungsstudien herangezogen?
4. Wurden alle wesentlichen und relevanten Kosten und Effekte für jede Alternative identifiziert?
Wurden alle relevanten Perspektiven angeführt (hierzu zählen die volkswirtschaftliche Perspektive, die Perspektive des Gesundheitswesens und der Patienten)? Wurden Kapital- ebenso wie Umsetzungskosten berücksichtigt?
5. Wurden Kosten und Effekte in geeigneten physischen Einheiten angeführt (beispielsweise Anzahl Pflegestunden, Anzahl Arztbesuche, Anzahl verordnete Medikamente, entgangene Produktivität pro Stunde oder Tag, gewonnene Lebensjahre)?
Wurden Angaben zum Ressourcenverbrauch gemacht? Wurden alle wichtigen Parameter eingeschlossen? Wurde auf Bemessungsprobleme (z. B. bei gemeinsamer Ressourcennutzung) entsprechend Rücksicht genommen?
6. Wurden Kosten und Effekte glaubwürdig bewertet?
Wurden Marktpreise herangezogen? Wenn ja, welche? Wurden administrative Preise (Tarife) herangezogen? Woher stammen die Kostendaten? Wurde eine für die Fragestellung geeignete Methode zur Bewertung der Wirkung (Wirksamkeit) herangezogen?
7. Wurden Kosten und Effekte für unterschiedliche Zeithorizonte angepasst?
Wurden Kosten und Effekte, die in der Zukunft anfallen, auf den gegenwärtigen Wert diskontiert?
Wurde der Diskontsatz angegeben und argumentiert, warum dieser verwendet wurde?
8. Wurde eine inkrementelle Analyse der Kosten und Effekte der Alternativen angeführt?
Wurden zusätzliche bzw. inkrementelle Kosten einer Alternative den zusätzlichen Effekten gegenübergestellt?
9. Wurden Untersuchungen zur Validität der Abschätzungen von Kosten und Effekten durchgeführt?
Wurden eine Sensitivitätsanalyse oder angemessene statistische Analysen durchgeführt? Wurden die gewählten Bandbreiten oder Verteilungen und die Form der Sensitivitätsanalyse begründet?

10. Beinhaltet die Darstellung und Diskussion der Studienergebnisse alle für Anwender relevanten Fragestellungen?

Wurden beispielsweise Kosten-Wirksamkeits-Verhältnisse dargestellt? Wurden die Ergebnisse mit anderen Autoren verglichen und mögliche Abweichungen diskutiert? Wurde angesprochen, ob die Ergebnisse auf andere Settings verallgemeinerbar sind? Diskutierte die Studie andere relevante Fragestellungen, z. B. ethische? Wurden Angelegenheiten der Umsetzung diskutiert?

6.4.4 Datenauswertung und -synthese

6.4.4.1 Medizinische Volltexte

Methodik und Ergebnisse der ausgewählten Literatur werden textlich beschrieben. Für jede eingeschlossene Studie wird eine Datenextraktion nach vorher festgelegten Kriterien durchgeführt. Die Art der extrahierten Daten kann dem Anhang (Tabelle 13: Rommers et al. (2007) bis Tabelle 16: Kaushal et al. (2003) und Tabelle 18: Mahoney et al. (2007) bis Tabelle 21: Potts et al. (2004)) entnommen werden. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf deutsche Verhältnisse wird überprüft.

6.4.4.2 Ökonomische Volltexte

Für jede eingeschlossene Studie wird eine Datenextraktion nach vorher festgelegten Kriterien durchgeführt. Die Art der extrahierten Daten kann dem Anhang (Tabelle 23: Wu et al. (2007) bis Tabelle 26: Schmitt et al. (2002)) entnommen werden.

Methodik und Ergebnisse der ausgewählten Literatur werden textlich beschrieben und hinsichtlich wichtiger Parameter, soweit sinnvoll, in tabellarischer Form aufgearbeitet. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf deutsche Verhältnisse wird überprüft.

6.4.4.3 Ethische, soziale und juristische Aspekte

Neben der Aufarbeitung von aus der Literatur gewonnenen Informationen werden gegebenenfalls aus Sicht des Autorenteam relevanten Aspekte genannt und deskriptiv dargestellt.

Für die juristische Betrachtung werden zusätzlich relevante Aspekte ggf. in Gesetzestexten recherchiert und textlich mit aufgenommen.

6.5 Ergebnisse

6.5.1 Ergebnisse der Erstselektion

Anhand der Literatursuche werden 791 Zusammenfassungen bestellt. Nach einer Selektion der Zusammenfassungen mittels oben genannter Selektionskriterien verbleiben 318 Zusammenfassungen. 17 werden über Handsuche ergänzt. Daraus ergeben sich 335 Zusammenfassungen zur Volltextbestellung, wovon 225 dem Bereich der medizinischen – davon 62 inhaltlich relevante Primärstudien – und 22 dem Bereich der ökonomischen Bewertung (im weiteren Sinn) zugeordnet sind. 15 werden als möglicherweise zur ethischen Bewertung relevante Texte identifiziert oder beinhalten rechtliche Aspekte. 73 Einträge sind dem Titel nach potenziell relevant, enthalten jedoch keine Zusammenfassung und werden ebenfalls zur Sichtung im Volltext bestellt.

Aufgrund der sehr breit gestreuten und heterogenen Studienlage, vor allem im medizinischen Bereich, wird der Bericht auf die Betrachtung des stationären Bereichs eingeschränkt. CPOE-Systeme dürften in diesem Bereich in vergleichsweise größerem Ausmaß im Einsatz und bereits besser evaluiert sein. Eine umfassende Betrachtung über beide Sektoren würde darüber hinaus den Projektrahmen überschreiten. In diesem Sinn wurden 19 Studien zu CPOE-Systemen ausgeschlossen, weil bereits aufgrund der Zusammenfassung erkennbar war, dass sie sich auf den ambulanten Bereich beziehen.

6.5.2 Ergebnisse der Zweitselektion

Zum Zeitpunkt der Endberichterstellung liegen 315 Volltexte vor. Nach der Selektion anhand der im Kapitel 6.4.2.2 (Zweitselektion) genannten Kriterien werden 139 Texte ausgeschlossen. Eine Tabelle der ausgeschlossenen Literatur mit dem jeweiligen Ausschlussgrund findet sich im Anhang.

6.5.3 Ergebnisse der Handsuche

Im Zuge der Handsuche werden 49 Texte bzw. Bücher ergänzt.

6.5.4 Darstellung des Selektionsprozesses

In

Abbildung 1: Darstellung des Selektionsprozesses) ist der Selektionsprozess veranschaulicht.

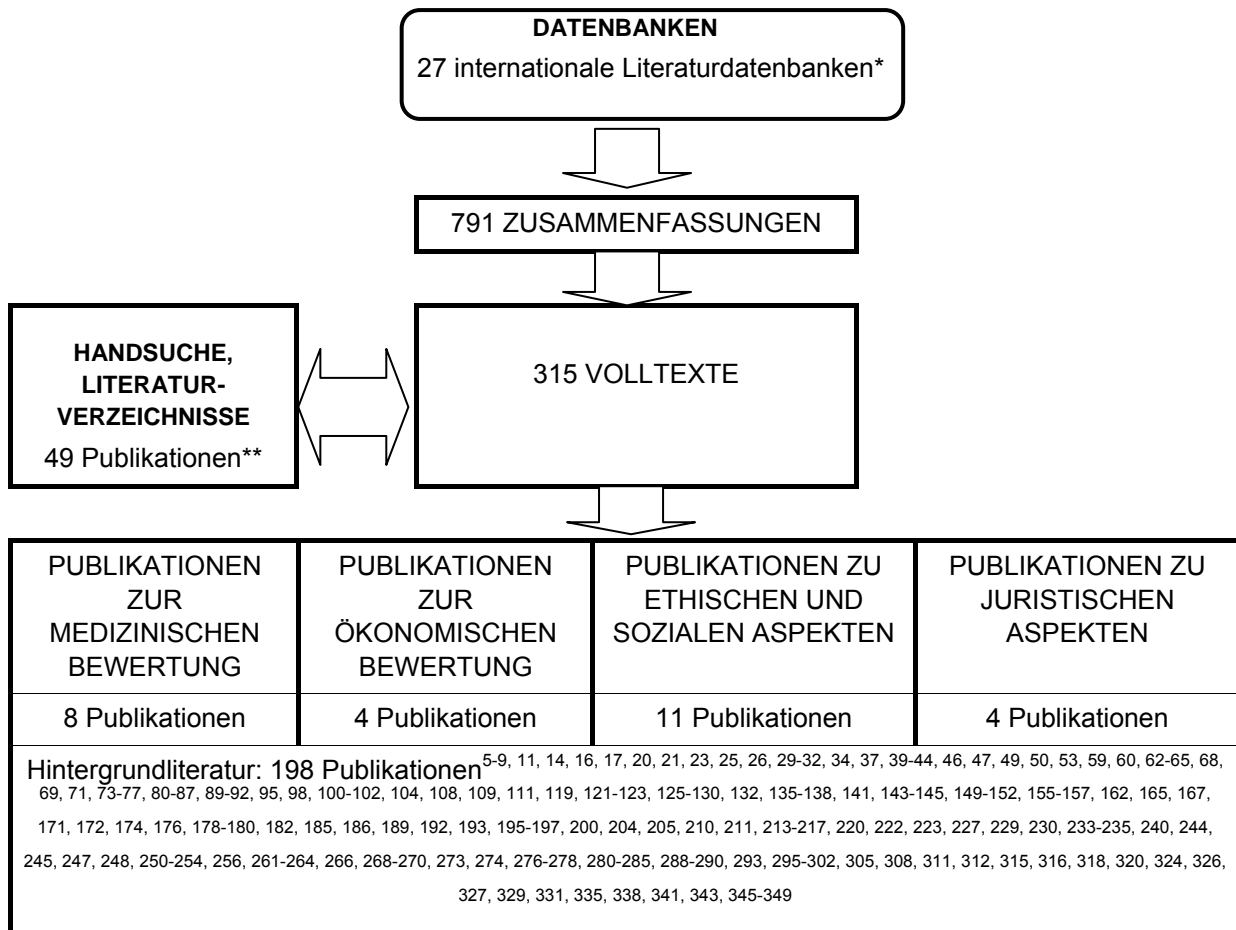


Abbildung 1: Darstellung des Selektionsprozesses

DIMDI = Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information.

* Vgl. Anhang, Abschnitt 8.3.

** Inklusiv zitierte Lehrbücher.

6.5.5 Ergebnisse der medizinischen Bewertung

Anhand der in Tabelle 2 (Selektionskriterien für die medizinischen Volltexte) aufgelisteten Einschlusskriterien werden insgesamt acht Volltexte, die für die Themenstellung von inhaltlicher Relevanz sind, identifiziert. Dabei handelt es sich um zwei systematische Übersichtsarbeiten^{164, 271} aus den Jahren 2003 bis 2007; zwei weitere Übersichtsarbeiten beziehen sich allgemein auf Methoden zur Fehlerreduktion in Krankenhäusern und behandeln CPOE-Systeme nur am Rande^{57, 265}. Es liegen vier Primärstudien unterschiedlicher Größe und Studienqualität vor^{67, 199, 237, 255}, wovon eine durch Handsuche ergänzt wurde. Insgesamt 111 Texte werden anhand Tabelle 2 (Selektionskriterien für die medizinischen Volltexte) ausgeschlossen.

6.5.5.1 Metaanalysen, HTA-Berichte und systematische Übersichtsarbeiten

Tabelle 4 (Systematische Übersichtsarbeiten) gibt einen Überblick über die eingeschlossenen systematischen Übersichtsarbeiten. Es wurden keine Metaanalysen gefunden.

Tabelle 4: Systematische Übersichtsarbeiten

Autor(en)	Jahr	Titel	
Rommers et al. ²⁶⁵	2007	Vermeidung von UAE	
Chedoe et al. ⁵⁷	2007	CPOE vs. Pharmazeuten – Medikationssicherheit	
Rothschild ²⁷¹	2004	Auswirkungen von CPOE auf Medikationssicherheit, Laboruntersuchungsverordnung, Schadensvermeidung und Ressourcenverwendung	
Kaushal et al. ¹⁶⁴	2003	CPOE mit CDSS und CDSS ohne CPOE und ihr Einfluss auf Medikationssicherheit	

CDSS = Computerized decision support system. CPOE = Computerized physician order entry. MA = Metaanalyse. SR = Systematische Übersichtsarbeit. UAE = Unerwünschtes Arzneimittelereignis.

Quelle: ÖBIG-FP-eigene Darstellung

Eine vergleichende Darstellung der eingeschlossenen Übersichtsarbeiten erfolgt in Tabelle 5: (Darstellung der systematischen Übersichtsarbeiten)

Tabelle 5: Darstellung der systematischen Übersichtsarbeiten

	Rommers et al. 2007	Chedoe et al. 2007	Rothschild 2004	Kaushal et al. 2003
Fragestellung	Evaluierung verschiedener Methoden zur Vermeidung von UAE	Evaluierung von Art und Inzidenz von Medikationsfehlern und von Strategien zur Verbesserung der Medikationssicherheit	Evaluierung des Einflusses von CPOE auf klinische und surrogate Endpunkte	Evaluierung des Einflusses von CPOE und CDSS auf Medikationssicherheit
Literaturdatenbanken	PubMED	PubMED, EMBASE	MEDLINE, PREMEDLINE, EMBASE, All EBM Reviews.	MEDLINE, Cochrane Library, Handsuche
Suchzeitraum	1990–2007	1975–2006	1966–2003	K. A.
Methodik	Referenzen werden auf zusätzliche Artikel durchsucht. Selektion von Artikeln, die die derzeitige Praxis darstellen und die Interessen der Autoren hinsichtlich CPOE, CDSS und Beteiligung von Pharmazeuten unterstützen.	Referenzen werden auf zusätzliche Artikel durchsucht.	Referenzen werden auf zusätzliche Artikel durchsucht.	Selektion der Volltexte und Zuordnung zu Evidenzebene von zwei Reviewern; Konsensfindung bei unterschiedlichen Bewertungen.
Eingeschlossene Primärstudien	Zu CPOE mit CDSS: 6 Studien. Zu CPOE mit CDSS und Kontrollsystemen: 3 Studien.	Zu CPOE in Frühgeborenen-Intensivstationen: 3 Studien	Zu CPOE und AM-Verordnung: 7 Studien. Zu CPOE und Laboruntersuchungsverordnung und Ergebnismanagement: 4 Studien. Zu CPOE und Schadensvermeidung und Ressourcenverbrauch: 8 Studien.	Zu CPOE mit CDSS: 5 Studien (Jahre 1997-2001)

Fortsetzung Tabelle 5: Darstellung der systematischen Übersichtsarbeiten

Schlussfolgerungen	CPOE ist hilfreich, um UAE zu vermeiden, muss aber kontinuierlich überprüft und verbessert werden. Ein Systemansatz zur Reduzierung von UAE wird vorgeschlagen, z. B. CPOE mit hochentwickeltem CDSS und patientenorientierter Unterstützung durch Pharmazeuten. Eine Vernetzung von Pharmazie und Labordaten wird befürwortet.	Mehr Forschung ist nötig. Etablierung von klaren Definitionen von Medikationsfehlern; Erzielen einer Übereinstimmung darin, wie Fehlerraten gemessen werden; Bestimmung des potenziellen klinischen Einflusses von Medikationsfehlern ist notwendig.	Studien werden benötigt, die den Nutzen von vermehrter patientenspezifischer CDSS und der Integration von CPOE in ein drahtloses, computerisiertes Medikationsadministrationssystem demonstrieren.	Die Verwendung von CPOE kann die Anzahl der Medikationsfehler reduzieren. Es fehlen Studien zu kommerziellen Systemen. Faktoren für eine erfolgreiche Implementierung sollten identifiziert werden.
--------------------	--	---	--	---

AM = Arzneimittelverordnung. CDSS = Computerized decision support system. CPOE = Computerized physician order entry. K. A. = Keine Angaben. UAE = Unerwünschtes Arzneimittelereignis.

Quelle: Rommers et al. 2007²⁶⁵, Chedoe et al. 2007⁵⁷, Rothschild 2004²⁷¹, Kaushal et al. 2003¹⁶⁴, ÖBIG-FP-eigene Darstellung

6.5.5.1.1 Rommers et al. 2007

Die Literatursuche für die Übersichtsarbeit von Rommers et al.²⁶⁵ umfasst den Zeitraum zwischen 1990 und 2007. Die Autoren untersuchen Möglichkeiten, UAE zu erfassen, und Methoden, diese in Krankenhäusern zu vermeiden. Dabei stellen sie neben dem Einsatz von CPOE-Systemen mit CDSS auch den Einsatz von Pharmazeuten als Methode dar. Im Folgenden wird auf die Ergebnisse zum Einsatz von CPOE-Systemen mit CDSS näher eingegangen.

Rommers et al.²⁶⁵ unterscheiden zwischen einfachen CDSS, die Unterstützung bezüglich Dosis, Verabreichungsrouten und Verabreichungsfrequenzen geben, und hochentwickelten CDSS, die auch überprüfen, ob die verordneten Medikamente bezüglich Allergien und Laborwerte der Patienten sowie bezüglich möglicher Wechselwirkungen zu anderen Medikamenten sicher sind. Die Autoren weisen darauf hin, dass es große Unterschiede in den Systemen gibt, die in verschiedenen Ländern verwendet werden.

Vier Studien berichten von einer Verbesserung der Medikationssicherheit durch CPOE: Zwei Studien aus den Jahren 1998 und 1999 von Bates et al.^{31, 32} berichten von einer Reduktion von vermeidbaren, aber nicht vermiedenen potenziellen UAE von 55 % bzw. 86 %. In der ersten Studie sinkt die Anzahl der UAE von 10,7 auf 4,68 pro 1.000 Patiententagen ($p = 0,01$). Verordnungsfehler können insgesamt um 19 % gesenkt werden, Transkriptionsfehler um 84 %, Abgabefehler um 68 % und Verabreichungsfehler um 59 %. In der zweiten Studie sinkt die Anzahl der UAE von 7,6 auf 7,3 pro 1.000 Patiententagen; nach einer Verbesserung des CDSS hinsichtlich Überprüfung von Allergien, Kaliumverordnung und Medikationswechselwirkungen kann die Anzahl der UAE auf 1,1 pro 1.000 Patiententagen gesenkt werden. Die Studien von Kaushal et al.¹⁶⁴ und Colpaert et al.⁶⁷ werden in 6.5.5.2 (Primärstudien) ausführlicher behandelt.

Andere Studien berichten von negativen Ergebnissen: Rommers et al.²⁶⁵ zitieren Han et al.¹³⁵, die nach Implementierung eines CPOE-Systems in einem Kinderkrankenhaus von einem Anstieg der Mortalitätsrate berichten, und Koppel et al.¹⁷⁸, die 22 Arten von Medikationsfehlerrisiken infolge von CPOE-Systemen beschreiben. Auch Rommers et al.²⁶⁵ stellen fest, dass CPOE-Systeme ein nützliches Werkzeug zur Vermeidung von UAE ist, diese Systeme jedoch kontinuierlicher Kontrolle und Verbesserungen bedürfen.

Die Autoren der Übersichtsarbeit stellen auch computerisierte Kontrollsysteme vor, die klinische Laborwerte, demografische Patientendaten und Verordnungen innerhalb eines CPOE-Systems anhand von definierten klinischen Richtlinien überprüfen, um UAE zu erfassen. Im Rahmen einer Studie von 1998 wird ein Warnsystem entwickelt, das Fehler, die zu UAE führen könnten, korrigieren

und UAE aufspüren soll, bevor ein Maximalschaden für den Patienten entsteht. 53 % der Warnungen waren korrekt (true-positive alerts). Ein Schaden für den Patienten durch UAE konnte dadurch potenziell in 64 von 1.000 Aufnahmen verhindert werden. In einer anderen Studie von 2004 wird ein computerisiertes UAE-Erkennungssystem verwendet, das mithilfe von 58 Regeln auf Ereignisse hinweist, die eine Intervention erfordern (z. B. Anstieg eines Arzneimittelspiegels (Chinidin-Level) über einen festgesetzten Wert (> 5 mg/dl)). Ein Großteil der daraufhin von den Pharmazeuten durchgeführten Interventionen (78,7 %, 90,9 % und 92,2 % in drei verschiedenen Zeitabschnitten) wird von den Ärzten akzeptiert.

Eine neuere Studie von 2006³²⁹ weist darauf hin, wie wichtig es ist, dass nur relevante Warnungen generiert werden, da es bei einer zu hohen Anzahl von unwichtigen Warnungen dazu kommt, dass hochrelevante Warnungen nicht mehr beachtet werden. Die Autoren dieser Studie stellen fest, dass zwischen 49 % und 96 % der Warnungen im CPOE-System von den Ärzten nicht beachtet wurden. Sie warnen vor niedriger Spezifität, Sensitivität, unklaren Informationsinhalten, unnötigen Unterbrechungen der Arbeitsabläufe und ineffizienter, unsicherer Handhabung der Warnungen.

Auch mit einer Vernetzung von Labor- und Pharmazieinformationssystemen kann eine Reduktion von UAE erreicht werden. Rommers et al.²⁶⁵ weisen auf eine Übersichtsarbeit von 2003 hin, die beschreibt, wie allein die Verknüpfung von Labor- und Pharmaziedaten die Patientenbetreuung verbessern kann, z. B. indem Medikationsauswahl und -dosierung mit Laborergebnissen abgeglichen (Indikationen und Kontraindikationen) oder indem Labordaten kontrolliert werden, um Hinweise auf mögliche Toxizität einer Medikation zu erhalten. Bei Verwendung von CPOE-Systemen mit CDSS kann diese Vernetzung in Echtzeit erfolgen.

Abschließend stellen Rommers et al.²⁶⁵ fest, dass die Frequenz von UAE durch Verwendung von Informationstechnologie reduziert werden kann. Darin eingeschlossen sind Strategien, die die Kommunikation verbessern, Wissen zugänglich machen, sicherstellen, dass wichtige Informationen bei Verordnungen nicht fehlen, Überprüfungen in Echtzeit durchführen, Kontrollen unterstützen und Entscheidungshilfen bereiten. Sie weisen darauf hin, dass in den heutigen Systemen zu viele irrelevante Warnhinweise gegeben werden und deshalb ein Pre-Screening durch einen Pharmazeuten hilfreich sein könnte.

Studienqualität

Diese Übersichtsarbeit untersucht Methoden zur Reduktion von UAE, die Autoren konzentrieren sich auf CPOE und CDSS sowie auf den Einsatz von Pharmazeuten. Es fehlen Angaben zur Bewertung der Studienqualität. Die Ergebnisse der Studien werden lediglich beschrieben, methodisch bedingte Limitationen der Aussagekraft werden nicht diskutiert. Weiterer Forschungsbedarf wird nicht identifiziert.

Weitere Angaben entsprechend der Checkliste (siehe 6.4.3.1 Medizinische Volltexte) zur Qualität der im vorliegenden Bericht eingeschlossenen Übersichtsarbeiten finden sich in Tabelle 17: Tabelle zur Qualitätsbewertung für systematische Übersichtsarbeiten).

6.5.5.1.2 Chedoe et al. 2007

Diese Arbeit ist eine Übersicht zur Häufigkeit und Art der Medikationsfehler und beinhaltet eine Evaluierung der möglichen Strategien, mit denen die Medikationssicherheit auf der Frühgeborenen-Intensivstation eines Krankenhauses erhöht werden kann. Neben CPOE-Systemen werden auch andere Technologien und der Einsatz von Pharmazeuten untersucht. Dies wird jedoch hier nicht dargestellt. Der Suchzeitraum reicht von 1975 bis 2006. Die Autoren gehen nicht darauf ein, ob das verwendete CPOE-System CDSS einschließt oder nicht, es ist jedoch davon auszugehen, dass es sich zumindest teilweise um Systeme mit CDS handelt.

Die Autoren eruieren drei Studien, die CPOE-Systeme auf einer Frühgeborenen-Intensivstation evaluieren. In der retrospektiven Studie von Cordero et al.⁷⁰ wird gezeigt, dass nach Implementierung eines CPOE-Systems Verabreichungsfehler betreffend Gentamicin vollkommen eliminiert werden konnten und die Koffein-Verabreichung zeitgerecht erfolgte. In einer anderen Studie wird nach Implementierung eines CPOE-Systems unter Verwendung von Verabreichungsrichtlinien (Indikationsdokumentation, Zusammensetzungs- und Dosierungsinformation, Verabreichungsinstruktionen) von einer Reduktion der Medikationsfehler von 3,2 auf 0,6 Fehler pro 1.000 Patiententagen berichtet. Die

dritte Studie untersucht die Mitarbeiterzufriedenheit mit dem CPOE-System: 87 % (n = 20) geben an, dass die Medikationssicherheit dadurch verbessert wurde, 65 % (n = 15) geben an, dass sie sich in Bezug auf die Medikation bei der Betreuung der Patienten wohler fühlen (increased comfort level). 30 % (n = 7) glauben, dass pharmazeutische Dienstleistungen (pharmaceutical services) schneller ablaufen. Die Mitarbeiter geben allerdings auch an, dass das CPOE-System zu neuen Medikationsfehlern führen kann, z. B. durch die Auswahl eines falschen Produktes, wenn mehrere Dosierungsstärken eines Medikaments zur Auswahl stehen (Lucas 2004, zitiert in Chedoe et al.⁵⁷).

Chedoe et al.⁵⁷ weisen darauf hin, dass es zwar Erfahrungen mit CPOE-Systemen in erwachsenen und pädiatrischen Patientenpopulationen gebe, dass aber wenig darüber bekannt sei, wie ein CPOE-System die klinische Praxis auf Intensivstationen für Neugeborene beeinflussen kann. Sie verweisen jedoch auf die Arbeiten verschiedener Autoren, die annehmen, dass ein CPOE-System die Medikamentensicherheit bei Neugeborenen dramatisch erhöhen kann: Berichtet wird von einer Reduktion der Medikationsfehler durch CPOE-Systeme zwischen 40 und 93 % (Fortescue et al. 2003, Kaushal et al. 2001; King et al. 2003¹⁷³ zitiert in Chedoe et al.⁵⁷), je nach Ausmaß der integrierten Entscheidungshilfen. In einer anderen Studie²⁵⁵ konnte die Rate der potenziellen UAE von 2,2 auf 1,3 pro 100 Verordnungen reduziert werden und die der Medikationsverordnungsfehler von 30,1 auf 0,2 pro 100 Verordnungen.

Auch Chedoe et al.⁵⁷ zitieren die Studie von Han et al.¹³⁵, in deren Rahmen die Mortalitätsrate nach der Einführung eines CPOE-Systems stieg und es zu Verzögerungen bei der Verabreichung von zeitkritischen Medikamenten kam; es wurde außerdem festgestellt, dass die Ärzte weniger Zeit am Krankenbett verbrachten, da sie mit der Dateneingabe beschäftigt waren. Chedoe et al.⁵⁷ weisen darauf hin, dass der Beobachtungszeitraum bei Han et al.¹³⁵ nach Implementierung des CPOE-Systems relativ kurz war und die Beobachtungszeiträume vor und nach der Implementierung nicht in der selben Jahreszeit lagen. Dies kann eine saisonale Variabilität von Erkrankungen widerspiegeln.

Laut Chedoe et al.⁵⁷ kann die Medikationssicherheit durch die Art des CPOE-Systems und durch den Einsatz zusätzlicher Technologien beeinflusst werden. So kann Barcode-Technologie Identifikationsfehler und Fehler durch Verabreichungssysteme verhindern, die z. B. unterbinden, dass Speisepumpen (feeding pump) oder Injektionsspritzen an intravenöse Zugänge angeschlossen werden. Der Mangel an Studien bei Neugeborenen kann dadurch erklärt werden, dass die Entwicklung eines CPOE-Systems mit CDSS für Neugeborene komplizierter ist als für ältere Kinder und Erwachsene. Das liegt z. T. an einem Fehlen von evidenzbasierten Daten zur Pharmakotherapie. Außerdem muss ein System für Neugeborene äußerst flexibel sein und ein einfaches Update erlauben, da sich z. B. das Gewicht bei Neugeborenen ständig ändert. Da die Möglichkeiten, ein CPOE-System für Neugeborene zu vertreiben, begrenzt sind, könnte dies die Entwicklung solcher Software behindern.

Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass mehr Forschung zur Feststellung der Frequenz und Art von Medikationsfehlern auf der Neugeborenen-Intensivstation nötig ist. Sie empfehlen die Entwicklung evidenzbasierter Interventionen, um die Medikationssicherheit in diesem Setting zu verbessern. Dazu werde eine klare Definition von Medikationsfehlern benötigt sowie eine einheitliche Methodik zur Messung der Medikationsfehlerrate und des Potenzials solcher Fehler, klinische Auswirkungen nach sich zu ziehen. Damit könnten die Ergebnisse verschiedener Studien in unterschiedlichen Settings und in verschiedenen Ländern besser vergleichbar gemacht werden.

Verordnungen für Neugeborene sind aus verschiedenen Gründen besonders fehleranfällig. So werden aus Mangel an zugelassenen Medikamenten für diese Patientengruppe viele Medikamente außerhalb der zugelassenen Anwendung verordnet und liegen nicht in entsprechenden Dosierungen vor. Zusätzlich führt die Notwendigkeit, die Dosierung auf ein sich ständig änderndes Gewicht anzupassen, dazu, dass Dosisberechnungen häufiger als bei Erwachsenen erforderlich werden. CPOE-/CDS-Systeme für Neugeborene sind dementsprechend komplizierter als solche für Erwachsene, haben aber ein großes Potenzial, Fehler in dieser Patientengruppe zu vermeiden.

Studienqualität

Diese Übersichtsarbeit untersucht die Inzidenz und Art von Medikationsfehlern in Intensivstationen für Neugeborene sowie Methoden zur Verringerung solcher Fehler (Einsatz von CPOE und von Pharmazeuten). Die Literaturrecherche ist ausreichend dokumentiert, Ein- und Ausschlusskriterien

sind definiert. Limitationen der Aussagekraft der eingeschlossenen Studien werden diskutiert und weiterer Forschungsbedarf identifiziert. Ob die Bewertung der Studienqualität unabhängig von verschiedenen Personen durchgeführt wurde, wird nicht angegeben. Tabellen zur Datenextraktion der eingeschlossenen Studien liegen vor, allerdings fehlen Kriterien zur Bewertung der Studienqualität. Weitere Angaben entsprechend der Checkliste (siehe 6.4.3.1 Medizinische Volltexte) zur Qualität der im vorliegenden Bericht eingeschlossenen Übersichtsarbeiten finden sich in Tabelle 17: Tabelle zur Qualitätsbewertung für systematische Übersichtsarbeiten).

6.5.5.1.3 Rothschild 2004

Rothschild²⁷¹ evaluiert in Publikationen, die zwischen 1966 und 2003 erschienen sind, den Einfluss, den ein CPOE-System auf klinische und Surrogatendpunkte bei hospitalisierten Patienten hat (Mortalität, Morbidität, UAE, Dauer der Hospitalisierung bzw. Medikationsfehler, Kosten, Laborergebnisse). 18 Artikel werden eingeschlossen. Die Studien werden kategorisiert in solche, die den Einfluss eines CPOE-Systems auf die Arzneimittelverordnung (sieben Studien), auf die Verordnung diagnostischer Tests und die Verwaltung der Testergebnisse (vier Studien), auf die Schadensverhütung sowie auf die Verwendung von Richtlinien und Ressourcen (acht Studien) untersuchen.

Die Studien zur Arzneimittelverordnung zeigen die stärkste Evidenz für den Nutzen von CPOE-Systemen: In drei von vier Studien kann durch den Einsatz von CPOE-Systemen eine signifikante Reduktion der Anzahl schwerer Medikationsfehler und UAE erreicht werden, wobei hier wieder die Studien von Bates et al.^{31, 32} aus den Jahren 1998 und 1999 zitiert sind. Zwei Studien evaluieren neben der Medikamentenverordnung die Dauer der Hospitalisierung und berichten von einer Reduktion der Dauer. In zwei anderen Studien kommt es zu einer Reduktion der Medikations- bzw. Krankenhauskosten und einer vermehrten Auswahl der richtigen Medikamente und Dosierungen.

Zwei Studien zur Verordnung diagnostischer Tests zeigen, dass ein Hinweis auf die Kosten von Tests die Anzahl der verordneten Tests nicht reduzierte. Hinweise auf die Redundanz von Verordnungen führen jedoch dazu, dass die Zahl überflüssiger Verordnungen sinkt. In einer Studie von Overhage et al.²⁴¹ kann die Compliance mit Richtlinien bezüglich notwendiger Begleitverordnungen (corollary order) mehr als verdoppelt werden; allerdings kann kein Effekt auf die Dauer der Hospitalisierung gezeigt werden.

Von den acht Studien in der dritten Kategorie (Schadensvermeidung oder prophylaktische Maßnahmen und nicht-medikamentöse Ressourcenverwendung) berichtet nur eine von keinem Nutzen durch CPOE. In einer Nachfolgestudie dazu konnte durch eine Veränderung des Ordnungsdesigns ein positives Ergebnis erzielt werden. Mehrere der Studien in dieser Kategorie berichten von einer Verbesserung der Patientenbetreuung (z. B. frühere Entfernung unnötiger Katheter; angemessene Verwendung von Thromboseprophylaxe), allerdings kann keine Verbesserung der Ergebnisse für die Patienten gezeigt werden (wie z. B. weniger Harnwegsinfektionen oder Thrombosen). Zwei Studien evaluieren auch die Dauer der Hospitalisierung; es kann keine signifikante Reduktion der Dauer festgestellt werden.

Rothschild²⁷¹ weist darauf hin, dass in vielen der in seiner Übersichtsarbeit eingeschlossenen Studien lokal entwickelte CPOE-Systeme evaluiert wurden und die Ergebnisse daher nicht-generalisierbar sind. Eine weitere Limitierung der in Rothschild²⁷¹ eingeschlossenen Literatur ist, dass es nur wenige RCT mit genügender Teststärke gibt, vor allem bei Schwerkranken.

Studienqualität

Diese Übersichtsarbeit untersucht den Einsatz von CPOE-Systemen in Krankenhäusern. Die Literaturrecherche ist ausreichend dokumentiert, Ein- und Ausschlusskriterien sind definiert. Limitationen der Aussagekraft der eingeschlossenen Studien werden diskutiert und weiterer Forschungsbedarf identifiziert. Ob die Bewertung der Studienqualität unabhängig von verschiedenen Personen durchgeführt wurde, wird nicht angegeben. Tabellen zur Datenextraktion der eingeschlossenen Studien liegen vor, allerdings fehlen Kriterien zur Bewertung der Studienqualität.

Weitere Angaben entsprechend der Checkliste (siehe 6.4.3.1 Medizinische Volltexte) zur Qualität der im vorliegenden Bericht eingeschlossenen Übersichtsarbeiten finden sich in Tabelle 17: Tabelle zur Qualitätsbewertung für systematische Übersichtsarbeiten).

6.5.5.1.4 Kaushal et al. 2003

Die systematische Übersichtsarbeit von Kaushal et al.¹⁶⁴ untersucht CPOE-Systeme mit CDSS und CPOE-Systeme ohne CDSS im Hinblick auf ihren Einfluss auf die Medikationssicherheit. Es wird kein Suchzeitraum angegeben. CPOE wird definiert als ein computergesteuertes System, das den Medikationsverordnungsprozess automatisiert und standardisierte, lesbare und vollständige Verordnungen gewährleistet. Laut Kaushal et al.¹⁶⁴ ist ein CDS-System in verschiedenem Ausmaß in fast alle CPOE-Systeme integriert. Die Autoren definieren einfache CDSS als Systeme, die Hinweise zu Dosierung, Verabreichungsform und -frequenz bereitstellen. Anspruchsvollere CDSS überprüfen Verordnungen hinsichtlich Allergien auf Medikamente, Laborwerte und Medikationswechselwirkungen und können außerdem Erinnerungen an erforderliche Begleitverordnungen (corollary orders) (z. B. Überprüfung der Glukosewerte bei Verordnung von Insulin) oder medikationsspezifische Richtlinien bereitstellen. Kaushal et al.¹⁶⁴ evaluieren auch CDSS, die nicht in CPOE-Systeme integriert sind. Die Ergebnisse dieser Studien werden hier nicht dargestellt.

Aufgrund der Heterogenität der Studien wird der Evidenzgrad gemäß den Vorgaben des California San Francisco-Stanford Evidence-Based Practice Center zur Hierarchie der Studiendesigns und der Endpunkte ermittelt (Owens and Nease 1997, zitiert in Kaushal et al.¹⁶⁴).

Medikationsfehler werden definiert als Verordnungsfehler, als Fehler bei der Übertragung der Verordnung in den Medikationsplan (Transkriptionsfehler), als Abgabe-, Verabreichungs- oder Kontrollfehler. Potenzielle UAE sind Medikationsfehler mit signifikantem Potenzial, einem Patienten Schaden zuzufügen. Sie können, müssen aber den Patienten nicht erreichen (eine vermiedene potenzielle UAE ist beispielsweise eine Verordnung für eine Überdosis eines Medikaments, die erkannt und korrigiert wird). Eine nicht abgefangene potenzielle UAE ist eine Überdosis, die verabreicht wird, aber zu keinem Schaden des Patienten führt. UAE sind Schäden, die auf Medikamente zurückzuführen sind. Vermeidbare UAE sind solche, die mit einem Medikationsfehler assoziiert sind (z. B. Hautausschlag nach Verabreichung von Penicillin an einen Patienten, von dem man weiß, dass er auf Penicillin allergisch ist). Unvermeidbare UAE beruhen nicht auf Medikationsfehlern (z. B. ein Ausschlag nach Verabreichung von Penicillin an einen Patienten, der keine bekannten Allergien hat).

Fünf der in der Übersichtsarbeit eingeschlossenen Studien evaluieren CPOE-Systeme mit CDSS; sie schließen wiederum die Studien von Bates et al.^{31, 32} von 1998 und 1999, die auch von Rommers et al.²⁶⁵ zitiert werden. Alle fünf Studien werden in den USA durchgeführt, eine am Regentrief Institute of Health (RIH) und vier am Brigham and Women's Hospital (BWH), und auch von Rothschild²⁷¹ in der Kategorie CPOE und Medikationsverordnung zitiert.

Die Studie am RIH (1997) untersucht den Einfluss von Erinnerungen zu Begleitverordnungen durch das CPOE-System bei 2.181 Patienten. Die erste BWH-Studie (1998) ist eine Querschnittsanalyse von 6.771 Patienten, bei der ein Interventionszeitraum mit CPOE-System und CDSS mit einem historischen Zeitraum ohne CPOE-System verglichen wird. Die BWH-Studien von 1999 und 2000 sind retrospektive Zeitreihenanalysen, und die letzte BWH-Studie (2001) ist ein RCT mit einem Crossover-Design bei 7.490 Patienten.

Die wenigsten Studien evaluieren klinische Endpunkte wie Morbidität oder Mortalität (Evidenzgrad 1). Die Autoren betonen daher die Notwendigkeit, größere und länger dauernde Studien durchzuführen, die den Einfluss einer Intervention auf die UAE-Raten untersuchen. In der Studie von Bates et al.³¹ kann mit einem CPOE-System samt einfachem CDSS eine signifikante Reduktion der nicht verhinderten, schwerwiegenden Medikationsfehler von 55 % ($p = 0,01$) und eine nicht-signifikante ($p = 0,37$) Reduktion der vermeidbaren UAE-Rate um 17 % erreicht werden. In der zweiten Studie von Bates et al.³², die die Fehlerrate vor und nach Implementierung eines CPOE-Systems untersucht, kann eine Reduktion von Medikationsfehlern um 81 % und von nicht verhinderten schwerwiegenden Medikationsfehlern von 86 % ($p = 0,001$ für beide) festgestellt werden. Die UAE-Rate pro 1.000 Patiententagen sinkt von 14,7 auf 9,6 ($p = 0,09$) und die Anzahl der vermeidbaren UAE von fünf auf zwei ($p = 0,05$). Drei weitere Studien untersuchen bestimmte Typen von Medikationsfehlern: Durch Erinnerungen mithilfe des CPOE-/CDS-System kann eine Verbesserung von Begleitverordnungen um 25 % erreicht ($p = 0,001$), in einer anderen Studie durch die Implementierung von CDSS in ein CPOE-System Verbesserungen in den drei Ordnungsschritten (Art, Dosierung und Frequenz des

Medikationsgebrauchs) erzielt werden. Eine Reduktion um 13 % bei unangebrachten Dosierungen und eine Reduktion um 24 % bei falschen Verabreichungsfrequenzen für nierentoxische Medikamente bei Patienten mit Niereninsuffizienz wird in der dritten Studie gezeigt werden.

Kaushal et al.¹⁶⁴ stellen fest, dass der Einfluss von reduzierten Medikationsfehlerraten auf die UAE-Raten nicht-adäquat getestet werden konnte, da keine Studien mit ausreichender Teststärke durchgeführt worden sind. Wenngleich eine starke Korrelation zwischen diesen beiden Raten besteht, ist das Potenzial von Medikationsfehlern, negative Auswirkungen auf einen Patienten zu haben, doch sehr unterschiedlich. Auch scheint es am einfachsten zu sein, Fehler zu vermeiden, die selten negative Auswirkungen auf den Patienten haben. Die Autoren gehen davon aus, dass CPOE-Systeme mit technisch ausgereiftem CDSS die größte Wirkung zeigen werden. Sie schlagen vor, weitere Untersuchungen zu folgenden Fragen durchzuführen:

- Was sind die Unterschiede zwischen verschiedenen CPOE-Systemen?
- Was sind Gründe, die einer Implementierung entgegenstehen?
- Was sind die Schlüsselemente für Entscheidungshilfen?
- Wie leistungsfähig sind spezifische Teile eines CDSS (z. B. Dosierungshilfe)?
- Wie sollen diese Systeme insbesondere in kleinen und mittelgroßen Krankenhäusern implementiert werden?

Außerdem sollen Methoden entwickelt werden, die es erlauben, das Ausmaß abzuschätzen, mit dem kommerzielle CPOE-Systeme die Medikationsfehlerrate bzw. die Rate an vermeidbaren UAE reduziert (siehe auch 6.2, Wissenschaftlicher Hintergrund).

Kaushal et al.¹⁶⁴ berichten, dass CPOE-Systeme bisher von nur 4,3 % bis 15 % der US-Krankenhäuser verwendet werden. Der Implementierung stünden viele Hindernisse entgegen: Ein Krankenhaus benötigt finanzielle und organisatorische Unterstützung, da ein CPOE-System eine große Investition darstellt und Auswirkungen auf die Organisationskultur und die klinischen Arbeitsabläufe hat; außerdem muss das CPOE-System mit bereits vorhandenen Systemen (z. B. im Bereich Verrechnung, Labor, Pharmazie) zusammenarbeiten.

Kaushal et al.¹⁶⁴ weisen darauf hin, dass durch die Verwendung von CPOE-Systemen auch neue Medikationsfehler generiert werden können. Falsche Vorschläge zu Standarddosierungen oder Verabreichungsformen können zu falschen Verordnungen führen. Die erste Studie zum CPOE-System am BWH zeigte anfänglich einen Anstieg der abgewendeten potenziellen UAW, weil das System erlaubte, hohe Dosen intravenöses Kalium zu verschreiben. Der Fehler wurde erkannt und konnte behoben werden, was wiederum die Wichtigkeit der ständigen Überprüfung des CPOE-/CDS-Systems deutlich macht. Die Standardeinstellungen und Hinweise des CDSS müssen auf jeden Fall regelmäßig getestet werden, vor allem da die Benutzer die Vorschläge des Systems, je länger sie es verwenden, desto eher akzeptieren, ohne sie zu hinterfragen.

Eine weitere Fehlerquelle ist die Nichtvernetzung des CPOE-Systems mit einem computergestützten Apothekensystem, da dann die Verordnungen manuell in das Apothekensystem übertragen werden müssen. Die Autoren weisen außerdem darauf hin, dass der Auslöser für Warnungen entsprechend sensitiv sein muss, um die Benutzer nicht mit irrelevanten Warnungen zu überschwemmen. Ein Ausfall der Hardware oder Instabilität der Software bergen zusätzliche Risiken. Ein versehentlicher Eintrag einer Verordnung in die falsche Patientenakte kann auch durch das CPOE-System nicht-verbunden werden.

Studienqualität

Diese systematische Übersichtsarbeit untersucht den Einfluss von CPOE und CDSS auf die Medikationssicherheit in Krankenhäusern. Alle Kriterien für eine qualitativ hochwertige systematische Übersichtsarbeit werden erfüllt. Die Methodik ist klar dokumentiert, die Bewertung der Studienqualität erfolgt nach standardisierten Kriterien von zwei Personen unabhängig voneinander. Limitationen der Aussagekraft der eingeschlossenen Studien werden diskutiert, weiterer Forschungsbedarf wird identifiziert.

Weitere Angaben entsprechend der Checkliste (siehe 6.4.3.1 Medizinische Volltexte) zur Qualität der im vorliegenden Bericht eingeschlossenen Übersichtsarbeiten finden sich in Tabelle 17: Tabelle zur Qualitätsbewertung für systematische Übersichtsarbeiten).

6.5.5.2 Primärstudien

Es liegen vier prospektive klinische Studien für den stationären Bereich vor (siehe Tabelle 6: Primärstudien).

Tabelle 6: Primärstudien

Autor	Jahr	Setting	Endpunkte
Mahoney et al. ¹⁹⁹	2007	2 Kliniken innerhalb eines universitären Gesundheitssystems	Medikationsverordnungsfehler
Colpaert et al. ⁶⁷	2006	Tertiäre Universitätsklinik, ICU	Medikationsverordnungsfehler
Oliven et al. ²³⁷	2005	Universitätskrankenhaus	Medikationsverordnungsfehler
Potts et al. ²⁵⁵	2004	Tertiäres Kinderkrankenhaus	Medikationsfehler (potenzielle UAE, Medikationsverordnungsfehler, Regelverletzung)

ICU = Intensive care unit = Intensivstation. UAE = Unerwünschtes Arzneimittelereignis.

Quelle: ÖBIG-FP-eigene Darstellung

Eine der vier Studien ist in einer der in Abschnitt 6.5.5.1 (Metaanalysen, HTA-Berichte und systematische Übersichtsarbeiten) beschriebenen systematischen Übersichtsarbeiten eingeschlossen (Colpaert et al.⁶⁷ in Rommers et al.²⁶⁵). Alle Studien sind im Anhang tabellarisch dargestellt und beurteilt. Drei der Arbeiten werden in einzelnen Abteilungen eines Krankenhauses durchgeführt; eine Arbeit in zwei verschiedenen Krankenhäusern.

Eine vergleichende Darstellung der eingeschlossenen Primärstudien erfolgt in Tabelle 7: Darstellung der Primärstudien).

Tabelle 7: Darstellung der Primärstudien

	Mahoney et al. 2007	Colpaert et al. 2006	Oliven et al. 2005	Potts et al. 2004
Fragestellung	Evaluierung des Einflusses eines kommerziellen klinischen Informationssystems auf die Rate von MVF	Evaluierung und Vergleich der Inzidenz und Schwere von MVF zwischen einem Teil der Intensivstation mit CPOE/CDSS und einem Teil, der Papierverordnungen verwendet	Evaluierung der verschiedenen Komponenten eines CPOE hinsichtlich ihres Potenzials, Fehler zu vermeiden. Evaluierung der Wichtigkeit einer Vernetzung mit Patientendaten. Evaluierung der Gründe für verbleibende Fehler in einer Abteilung, die CPOE seit Jahren verwendet.	Bestimmung des Einflusses von CPOE auf die Frequenz von MVF in einer pädiatrischen Intensivstation.
Studien-design	Prospektiv; Vorher-Nachher	Prospektive, kontrollierte Querschnittsstudie	Prospektiv; Paralleles Design	Prospektive Kohortenstudie; Vorher-Nachher

Fortsetzung Tabelle 7: Darstellung der Primärstudien

CPOE	Siemens Medical Solutions' CPOE. Vernetzt mit anderen IT-Systemen zu Laborergebnissen, Radiologie, Patientenerhebung; Pharmazieinformationssystem. Zusätzlich existiert ein EDDS und ein Strichcode-Medikations-Verabreichungssystem.	Centricity Critical Care Clinisoft. Vernetzung mit Monitoren, Ventilatoren, Injektionspumpen, Krankenhausinformationssystem für administrative Patientendaten und Laborergebnisse.	CPOE schließt Medikations- und Patienten-Datenbank ein. Vernetzung mit administrativen und Labor-Datenbanken.	WizOrder (intern entwickelt); vernetzt mit Pyxis Medstation 2000 System und Pharmazie-Computersystem. Vernetzt mit Patientenaktenarchiv.
CDSS	Warnungen zu Allergien, Doppelverordnungen, Dosierung, notwendiger Kontrolle. Regelsoftware für Metformin und Colchicin bei Patienten mit Serum Creatinin > 1,5 mg/dl.	Protokolle für spezifische Patientengruppen. Vorschlag der häufigsten Verordnung und Dosis. Warnungen zu Medikationsinteraktionen, lebensbedrohlichen Komplikationen, Allergien.	Warnungen zu Allergien, Indikation, abnormalen Laborwerten, bei eingeschränkter Nierenfunktion. Angepasste Dosis für alle Creatininwerte wird bereitgestellt.	Warnungen zu Allergien, Wechselwirkungen. US-FDA-Warnungen. Dosierungshilfe. Ausmaß des CDSS kann an Alter des Patienten angepasst werden.
Beobachtungszeitraum	52 Monate	5 Wochen	6 Monate	Vorher: 3 Monate 1 Monat Pause für Implementierung und Training Nachher: 3 Monate
Zeitpunkt nach CPOE-Implementierung	Implementierung erfolgt über mehrere Jahre	10 Monate	3 Jahre	1 Monat
Abteilung, Bettenzahl	Sukzessive Implementierung in den verschiedenen Stationen. 966 Betten	Intensivstation, 22 Betten (8 mit CPOE, 14 ohne CPOE)	2 Stationen für interne Medizin, je 44 Betten	Pädiatrische Intensivstation, 20 Betten
Anzahl der evaluierten Verordnungen	Vorher: 1.452.346 Nachher: 1.390.789	Ohne CPOE: 1.224 Mit CPOE: 1.286	Ohne CPOE: 4.969 Krankenhaustage Mit CPOE: 5.033 Krankenhaustage	Vorher: 6.803 für 268 Patienten Nachher: 7.025 für 246 Patienten
Ergebnisse	Vorher: 4.815 MVF Nachher: 2.227 MVF Art des MVF (vorher/nachher) Allergie: 833/109, p < 0,001; Überdosierung: 1341/871, p < 0,001; Doppelverordnung: 665/584, p = 0,127; Verordnung unvollständig/unklar: 1976/663, p < 0,001)	Ohne CPOE: 331 MVF (27,0 %) Mit CPOE: 44 MVF (3,4 %) p-Wert: < 0,001	Typ-1-MVF pro Patient: Ohne CPOE: 0,41 Mit CPOE: 0,10 p-Wert: < 0,001 Typ-2-MVF pro Patient: Ohne CPOE: 0,56 Mit CPOE: 0,21 p-Wert: < 0,0001	Vorher/Nachher MVF: 2.049/12, p < 0,001; pot. UAE: 147/88, p < 0,001; VR: 466/10, p < 0,001

Fortsetzung Tabelle 7: Darstellung der Primärstudien

Schlussfolgerungen	Integration von klinischen IT-Systemen verringert ausgewählte Medikationsfehler und verbessert durch CDSS-Warnungen die therapeutische Kontrolle von Patienten mit Niereninsuffizienz und von Patienten, die Medikamente mit engem therapeutischen Dosierungsspielraum erhalten.	Signifikante Reduktion der Inzidenz und Schwere von MVF durch CPOE mit CDSS. Geringfügige Fehler können durch CPOE am einfachsten verhindert werden. Identifizierung von neuen Fehlern durch CPOE. Neu installierte Systeme müssen evaluiert werden. Forderung nach standardisierten Methoden der Fehlerdetektion und -klassifikation.	Vernetzung des CPOE mit Patientenakten ist äußerst wichtig. Vernetzung des CPOE mit der Datenbank für Laborwerte ist am wichtigsten. Eine kleine Anzahl an Labortests ist für die Vermeidung der meisten Fehler relevant. Automatisierte CDS sollte bereitgestellt werden, Erklärungen und Instruktionen sind unzureichend. CPOE sollte mit einem Warnsystem kombiniert sein, damit neue Laborwerte sofort beachtet werden können.	CPOE konnte MVF und VR signifikant reduzieren bzw. fast ganz eliminieren und zeigt auch eine signifikante Reduktion in der Rate an potenziellen UAE. CPOE stellt sicher, dass Verordnungen leserlich und vollständig ausgefüllt sind. Integration eines CDSS spezifisch für Pädiatrie könnte die Rate an potenziellen UAE noch weiter reduzieren.
--------------------	--	--	--	---

CDSS = Computerized decision support system. CPOE = Computerized physician order entry. EDDS = Electronic drug dispensing system, dt.: elektronisches Medikationsausgabesystem. FDA = Food and Drug Administration. IT = Informationstechnik. MVF = Medikationsverordnungsfehler. Pot. = Potenziell. Typ 1 MVF = Falsch geschriebener Name des Medikaments, falsche oder fehlende Dosis oder Dosierungsintervall, Transkriptionsfehler, Medikationswechselwirkungen. Typ 2 MVF = Wechselwirkungen Medikation/Allergie, Medikation/Krankheit, Medikation/Laborwert. UAE = Unerwünschtes Arzneimittelereignis. VR = Verstoß gegen Richtlinien.

Mahoney et al. 2007¹⁹⁹, Colpaert et al. 2006⁶⁷, Oliven et al. 2005²³⁷, Potts et al. 2004²⁵⁵.

Quelle: ÖBIG-FP-eigene Darstellung

6.5.5.2.1 Mahoney et al. 2007

Mahoney et al.¹⁹⁹ untersuchen den Einfluss kommerzieller klinischer IT-Systeme (CPOE mit CDSS, elektronisches Medikationsausgabesystem und Strichcode-Verabreichungssystem) auf Medikationsfehler in zwei Krankenhäusern mit 719 bzw. 247 Betten. Die Implementierung erfolgt über den Zeitraum einiger Jahre und wird von multidisziplinären Teams unterstützt. Im Folgenden wird nur auf die Ergebnisse der Implementierung von CPOE-Systemen mit CDSS näher eingegangen.

Nach anfänglichen Problemen in der Pilotphase wurde die weitere Implementierung des CPOE-Systems gestoppt, um eine funktionelle Schnittstelle zwischen CPOE- und elektronischem System der Krankenhausapotheke (Apothekeninformationssystem (Apotheken-ITS) zu entwickeln. Das eingesetzte CDSS bietet folgende Möglichkeiten: Warnungen bezüglich Allergien und Doppelverordnungen (therapeutic duplication), medikationsspezifische Warnungen hinsichtlich Dosierungsanpassung oder Kontrollpflicht sowie medikationsspezifische Warnungen bei Patienten mit bestimmten Laborwerten. Auch werden Verordnungssets für bestimmte Krankheiten und Behandlungen im CPOE-System bereitgestellt, um eine angemessene, standardisierte Betreuung zu gewährleisten und die Eingabe von Verordnungen zu erleichtern. Das verbesserte Apotheken-ITS ist in der Lage, Warnungen aufgrund von Laborergebnissen zu erstellen. Neben den Warnungen, basierend auf dem klinischen Status des Patienten zum Zeitpunkt der Verordnung, kann eine kontinuierliche Überprüfung des wechselnden Patientenstatus stattfinden.

Fehlerdaten werden über ein etabliertes Fehlerberichtssystem gesammelt: Interventionen des Pharmazeuten bei fehlerhaft erscheinenden Verordnungen, die vom Arzt akzeptiert wurden und zu einer Änderung der Verordnung führten, werden als vermiedene Fehler eingeschlossen. Aktuelle

(d. h. nicht-vermiedene) Fehler werden durch freiwillige Meldungen und Fehlerberichte aus dem Verabreichungsprotokoll (administration record) eruiert.

Nach einer Pilotphase in der Intensivstation von mehreren Monaten und zahlreichen Korrekturen und Verbesserungen erfolgte eine schrittweise Implementierung des CPOE-Systems mit CDSS in den restlichen Krankenhausabteilungen. Insgesamt werden 1.452.346 Verordnungen vor und 1.390.789 Verordnungen nach der Implementierung des Systems erstellt. Nach Implementierung des Systems wurden 90 % der Verordnungen mit dem CPOE-System erstellt, 57 % davon mithilfe eines der 320 standardisierten Verordnungssets. Für drei der vier von den Autoren gewählten Indikatoren kann eine signifikante Reduktion ($p < 0,001$) der Verordnungsfehlerraten gezeigt werden, und zwar für 1) Allergien, 2) überhöhte Dosierung sowie 3) unklare, unvollständige Verordnung. Für Doppelverordnungen (therapeutic duplication) besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Zeiträumen vor und nach Implementierung des CPOE. Was die Dosisanpassung zweier ausgewählter Medikamente (Colchicin und Metformin) bei Niereninsuffizienz des Patienten betrifft, kann für Metformin eine signifikante Reduktion der Verordnungsfehler nach Implementierung und Integration der Software in das CPOE-System erzielt werden. Die fehlende Signifikanz für eine Reduktion der Verordnungsfehler bei Colchicin ist wahrscheinlich auf die geringe Anzahl von Colchicin-Verordnungen und Interventionen durch Pharmazeuten zurückzuführen.

Überwachungsinstrumente des CDSS werden verwendet, um Dosierungs- bzw. Behandlungsanpassungen an einen veränderten klinischen Status (z. B. reduzierte Nierenfunktion) oder Medikationskonzentrationen (drug levels) außerhalb des therapeutischen Index zu ermöglichen (z. B. Medikationen mit hohem Risiko und einer engen therapeutischen Bandbreite, wie Aminoglykoside, Phenytoin, Digoxin). Nach Implementierung des integrierten Apotheken- und Laborinformationssystems sowie des CDSS mit klinischen Überwachungsinstrumenten konnte ein statistisch signifikanter Anstieg der Rate der Interventionen durch Pharmazeuten festgestellt werden. Durch Pharmazeuten initiierte Dosierungsanpassungen für Niereninsuffizienz stiegen von 446 auf 935 Interventionen, Interventionen aufgrund von Medikationskonzentrationen im Serum außerhalb der therapeutischen Bandbreite von 42 auf 258. Dies zeigt, dass durch Implementierung dieser integrierten Systeme viele Medikationsfehler erkannt und korrigiert werden konnten.

Die Implementierung des CPOE-Systems mit CDSS führte laut Zusammenfassung von Mahoney et al.¹⁹⁹ dazu, dass Medikamente, auf die Patienten allergisch waren, siebenmal weniger häufig verschrieben wurden, überhöhte Dosierungen 1,5-mal und unvollständige oder unklare Verordnungen dreimal weniger häufig vorkamen. Das Fehlen statistischer Signifikanz hinsichtlich Doppelverordnungen (therapeutic duplication) ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass die entsprechenden Warnungen nicht spezifisch genug waren.

Obgleich der Einfluss elektronischer Verordnungssets nicht gemessen wurde, beobachten die beteiligten Ärzte eine Verbesserung bei der Verordnung von Begleitverordnungen (corollary medication orders) und bei der Einhaltung von Leitlinien.

Studienqualität

Die Studie weist Mängel in Dokumentation und Transparenz auf. Folgende Mängel sind anhand der verwendeten Checkliste zur Bewertung der Studienqualität (vgl. 6.4.3.1 Medizinische Volltexte) anzumerken: Die Studie hat ein Vorher-Nachher-Design, es fehlen Angaben zur Verblindung und zur Anzahl der Benutzer. Die Endpunkte sind nicht genau definiert und es werden keine Angaben zur Überprüfung der Evaluation gemacht. Mögliche Verzerrungen werden von den Autoren nicht diskutiert. Da in der Studie Schritt für Schritt mehrere IT-Systeme in verschiedenen Stationen implementiert werden, ist die Generalisierbarkeit der Ergebnisse eingeschränkt.

6.5.5.2.2 Colpaert et al. 2006

Colpaert et al.⁶⁷ vergleichen die Inzidenz und die Schwere von Medikationsverordnungsfehlern in einer Unterabteilung der Intensivstation mit CPOE- (acht Betten) mit der in zwei Unterabteilungen ohne CPOE-System (Verwendung von Verordnungen auf Papier) (insgesamt 14 Betten). Die Studie wird an einer tertiären Universitätsklinik in Belgien über fünf Wochen hinweg durchgeführt, zehn Monate nach Implementierung des CPOE-Systems. Acht Ärzte (fünf Fachärzte für Intensivmedizin, drei Ärzte in Ausbildung) betreuen die Patienten, die von einer unabhängigen Krankenschwester den

Abteilungen zugeteilt werden. Ein chirurgischer klinischer Pharmazeut überprüft die Verordnungen für zufällig ausgewählte Patienten hinsichtlich möglicher Verordnungsfehler. Mindestens einen Monat danach wird die Schwere der Verordnungsfehler von einem unabhängigen, verblindeten Team überprüft (ein klinischer Pharmazeut, zwei Intensivpflege-Spezialisten). Konsensusfindung wird durch Diskussion erreicht. Verordnungsfehler werden in drei Kategorien eingeteilt und in einer numerischen Skala von 0 bis 6 bewertet:

- Geringfügige Verordnungsfehler (0: Unvollständige Verordnung ohne Potenzial, Schaden anzurichten);
- Vermiedene Verordnungsfehler (0,5: Potenzieller Fehler, der den Patienten nicht erreicht hat);
- Schwerwiegende Verordnungsfehler (1: Fehler erreicht den Patienten, ohne Schaden anzurichten; bis 6: Fehler führt zum Tod des Patienten).

Das CDSS ist u. a. vernetzt mit dem KIS für administrative Patientendaten und Laborergebnisse. Das System stellt Behandlungsprotokolle für bestimmte Patientengruppen bereit, um die Verordnung zu vereinfachen. Bei der Auswahl von Medikamenten schlägt das System das am häufigsten verschriebene zusammen mit der üblichen Dosis vor sowie Dosierungen bei Niereninsuffizienz oder Leberfunktionsstörung. Für alle diese Verordnungen existiert eine vorgefertigte Vorlage. Dialogfenster werden für klinisch wichtige Interaktionen gezeigt; außerdem werden die Ärzte auf mögliche Komplikationen und auf den Allergiestatus der Patienten hingewiesen. Das CDSS verfügt über keine Echtzeitwarnungen bezüglich Anpassung von Medikationsdosierungen an Veränderungen im Organstatus.

Insgesamt werden je 80 Patiententage bei 90 Patienten analysiert. In der Station mit CPOE-System (CP-STAT) werden 1.286, in der ohne CPOE-System (NoCP-STAT) 1.224 Verordnungen evaluiert. Es kommt zu 44 Verordnungsfehlern (VF) in der CP-STAT und zu 331 VF in der NoCP-STAT (3,4 % versus 27 %, $p < 0,001$). Die Ergebnisse der Analyse der Medikationsverordnungsfehler werden in Tabelle 8 dargestellt und im Anschluss textlich detailliert ausgeführt.

Tabelle 8: Medikationsverordnungsfehler-Analyse

Verordnungsfehler	CP-STAT	NoCP-STAT	p-Wert
Geringfügige VF	9	225	< 0,001
Pro 100 Verordnungen	0,7	18	
Vermiedene (intercepted) VF	12	46	< 0,001
Pro 100 Verordnungen	0,9	3,8	
Nicht vermiedene potenzielle UAE	21	48	< 0,001
Pro 100 Verordnungen	1,6	3,9	
UAE gesamt	2	12	< 0,01
Pro 100 Verordnungen	0,15	1,0	
Vermiedene und schwerwiegende VF	35	106	< 0,001
Schwerwiegende	23	60	< 0,001

CP-STAT = Station mit CPOE. NoCP-STAT = Station ohne CPOE. CPOE = Computerized physician order entry. UAE = Unerwünschtes Arzneimittelereignis. VF = Verordnungsfehler.

Quelle: Colpaert et al. 2006⁶⁷, ÖBIG-FP-eigene Darstellung

In der CP-STAT finden sich geringfügige Verordnungsfehler vor allem bezüglich Darreichungsform und Infusionsraten. Die vermiedenen Fehler betreffen vor allem Doppelverordnungen, Probleme mit Verschiebung der Kommastelle (z. B. 3 statt 0,3 g) und Probleme mit Verordnungen von kontinuierlichen Infusionen. Ein weiteres Beispiel für vermiedene Fehler betrifft die irrtümliche Verordnung einer zehnfachen Überdosierung eines Betablockers. Nicht-vermiedene potenzielle Verordnungsfehler sind hauptsächlich Dosierungsfehler oder Unvollständigkeiten bei Heparinverordnungen mit niedrigem Molekulargewicht. Es treten zwei UAE auf: Diese betreffen eine Antibiotikaüberdosierung (Fehler-Schweregrad 2, auf einer Skala von 0 bis 6) und eine Vasopressin-Infusions-Überdosierung, die zu Ischämie des Herzens führt (Schweregrad: 3,5).

In der NoCP-STAT kommt es zu vielen geringfügigen Verordnungsfehlern, vor allem aufgrund von unleserlicher Handschrift, unvollständigen Verordnungen oder Abkürzungen. Die vermiedenen Verordnungsfehler sind hauptsächlich Fahrlässigkeitsfehler (falsche Verabreichungsrouten) oder Transkriptionsfehler. Die UAE betreffen vor allem Dosierungsfehler (speziell für Antibiotika und Antiepileptika).

Für Patienten mit Nierenversagen kann in der CP-STAT (zwölf Medikationsverordnungsfehler) im Vergleich zur NoCP-STAT (35 Verordnungsfehler) eine Reduktion von schweren Verordnungsfehlern auf ein Drittel erreicht werden ($p < 0,001$); 91 % dieser schweren Verordnungsfehler in der NoCP-STAT sind wiederum Dosierungsfehler, im Vergleich zur Anzahl in der CP-STAT (41 %) ein signifikanter Unterschied ($p < 0,001$).

Für 69 % der Patienten liegen Informationen zum Allergiestatus im CPOE-System vor, während dieser nur für 2 % der Patienten auf den Stationen ohne CPOE-System im Krankenblatt notiert war.

In der NoCP-STAT kann mit zunehmender Anzahl von Verordnungen pro Patient ein Trend zu mehr Verordnungsfehlern beobachtet werden; in der CP-STAT ist dies nicht zu sehen. Dies deutet darauf hin, dass ein CPOE-System bei Patienten, die mehrere Medikationen verordnet bekommen, Verordnungsfehler zu verhindern hilft.

Werden vermiedene und schwerwiegende Verordnungsfehler gemeinsam betrachtet, sind die häufigsten Fehler Dosierungsfehler, gefolgt von Doppelverordnungen und Medikationskontrollfehlern. Dosierungsfehler treten mit und ohne CPOE-System auf; Doppelverordnungen und Medikationskontrollfehler treten gehäuft in der CP-STAT auf und sind neue Fehler, die durch das CPOE-System entstehen. Alle Doppelverordnungen sind geringfügige oder vermiedene Verordnungsfehler. Die Medikationskontrollfehler werden auch als nicht vermiedene potenzielle UAE kategorisiert (CP-STAT: 5/8; NoCP-STAT: 1/2).

Die mit den vermiedenen und den schwerwiegenden Verordnungsfehlern am häufigsten assoziierten Medikationsklassen sind Antibiotika (CP-STAT: 23 % [n = 8], NoCP-STAT: 23,5 % [n = 25]), kardiovaskuläre Medikation (CP-STAT: 37 % [n = 13], NoCP-STAT: 23 % [n = 24]) und Sedativa (CP-STAT: 12,5 % [n = 4], NoCP-STAT: 19,8 % [n = 21]).

Die Autoren führen an, dass ihre Studie die erste ist, die die Auswirkungen eines CPOE-Systems auf die Verordnungsfehlerrate simultan in Stationen mit und ohne CPOE-System untersucht, und weisen darauf hin, dass das üblicherweise gewählte Vorher-Nachher-Design zu einem Bias führt. Die Studie zeigt, dass ein CPOE-System das Potenzial hat, geringfügige Verordnungsfehler fast vollständig zu eliminieren (Reduktion von 18,3 % auf 0,7 %), da Vollständigkeit und Lesbarkeit von Verordnungen im CPOE-System gewährleistet sind. Gleichzeitig treten durch die Verwendung eines CPOE-Systems neue Fehler auf, die jedoch geringfügig sind und zu keinem Schaden führen. Einige geringfügige Verordnungsfehler treten auf, da das System die Eingabe von Infusionsraten nicht zwingend vorschreibt. Ein Konfigurationsfehler des Systems (falsche Darreichungsform) wurde erkannt und nach Studienabschluss korrigiert.

Die Häufigkeit vermiedener Verordnungsfehler (falsche Kommastellen, Doppelverordnungen) ist in der Station mit CPOE-System viermal geringer als in der ohne. Das Risiko für Dosierungsfehler wird mehr oder weniger vollständig eliminiert, da in der vorliegenden Studie sehr detaillierte, vordefinierte, standardisierte Medikations-Dosisregime im CPOE-System verwendet werden, sodass eine ausgewählte Verordnung nicht mehr verändert werden muss und Pulldown-Menüs überflüssig sind. Die Fehler hinsichtlich falscher Kommastellen und Doppelverordnungen, treten nur auf der Station mit CPOE-System auf, d. h., sie entstehen durch das CPOE-System. Diese Art von Fehlern wurde jedoch durch eine Krankenschwester oder einen Arzt identifiziert und erreichte die Patienten nicht.

Die Reduktionsrate von 67 % hinsichtlich vermiedener (12 versus 46) und schwerwiegender (23 versus 60) Verordnungsfehler ist ähnlich der in anderen Studien.

Die Anzahl von UAE wurde durch das CPOE-System signifikant reduziert. Die beiden UAE, die sich in der CPOE-Station ereigneten (eine Überdosis Antibiotika und eine Überdosis einer Vasopressin-Infusion, die zu Herzischämie führte), hätten durch das verwendete System mit dem moderaten Level an CDSS nicht verhindert werden können. Ein Vergleich zwischen Studien ist laut Colpaert et al.⁶⁷ schwierig, da kein Konsensus bezüglich Medikationsfehlerklassifizierung existiert.

Die Autoren der besprochenen Studie glauben, dass ihre Einschätzung hinsichtlich des Fehlerreduktionspotenzials eines CPOE-Systems zurückhaltend ist. Die Ärzte, die in beiden Stationen arbeiteten, scheinen durch das CPOE-System gelernt zu haben, wie eine Verordnung korrekt an die Nieren- und Leberfunktionswerte eines Patienten angepasst wird, was zu einer niedrigeren Fehlerrate im NoCP-STAT geführt haben könnte.

Es wird darauf hingewiesen, dass eine objektive Evaluierung eines neu installierten Systems und die Korrektur von auftretenden Problemen äußerst wichtig sind. Als Schwäche der Studie wird angeführt, dass sie nur an einer einzigen Universitätsklinik durchgeführt wurde. Da der Einfluss eines CPOE-Systems auf die Verordnungsfehlerrate vom implementierten System abhängt, können die Ergebnisse nicht generalisiert werden. Auch ist die Anzahl von UAE in beiden Abteilungen höher als in anderen Studien. Die Inzidenz von UAE war in der CP-STAT 25 pro 1.000 Patiententagen, in der NoCP-STAT 150/1.000. In anderen Studien wird von 10,4 bis 19 UAE pro 1.000 Patiententagen berichtet. Neben der anderen Patientenselektion an einer Universitätsklinik könnte auch die bei Intensivstationen auftretende hohe Anzahl und Komplexität der Verordnungen die hohe UAE-Inzidenz erklären. Dass auf Intensivstationen eine höhere Rate vermeidbarer potenzieller UAE auftritt, wurde auch in einer anderen Studie (Cullen et al. 1997; zitiert in Colpaert et al.⁶⁷) gezeigt. Nach Anpassung an die Anzahl der verordneten Medikamente konnte allerdings kein Unterschied mehr zwischen Notfall- und anderen Stationen festgestellt werden. Eine dritte Erklärung betrifft die Art der Fehlerermittlung. Die meisten Studien zu Medikationsfehlern und UAE auf Intensivstationen werden mithilfe retrospektiver, meistens durch Krankenschwestern durchgeführter Krankenblatt-Reviews erstellt und/oder sind Studien, in denen Fehler von der Belegschaft selbst berichtet werden. Letzteres führt meistens zu einer Unterschätzung der wirklichen Fehlerrate. In der vorliegenden Studie wurden Krankenblätter prospektiv von einem klinischen Pharmazeuten evaluiert. Diese Art der Fehlerermittlung führt üblicherweise dazu, dass mehr UAE als solche erkannt werden. Auch könnte die Fehlerfindung durch das System selbst unterstützt worden sein. Zu guter Letzt ist es möglich, dass das Krankenblatt, das von einem Arzt in Ausbildung vorbereitet wurde, viele Fehler enthielt, da die Medikationsliste über Nacht nicht an den klinischen Status des Patienten angepasst wurde. Auch Nachlässigkeit oder hohe Arbeitsbelastung könnte eine Rolle spielen. Ein zusätzlicher Bias der Studie kann daraus resultieren, dass einige Patienten zweimal gescreent wurden, allerdings nie an zwei aufeinanderfolgenden Tagen⁶⁷.

Studienqualität

Die Studie ist weitgehend transparent dokumentiert. Folgende Mängel sind anhand der verwendeten Checkliste zur Bewertung der Studienqualität (vgl. 6.4.3.1 Medizinische Volltexte) anzumerken: Es fehlen Angaben zum Training der Benutzer und zum IT-Support während der Implementierung. Die Studie wird in einer kleinen Intensivstation (22 Betten) durchgeführt, das CPOE/CDSS wird in einer Abteilung mit nur acht Betten verwendet. Die Generalisierbarkeit der Ergebnisse ist dadurch eingeschränkt.

6.5.5.2.3 Oliven et al. 2005

In der Studie von Oliven et al.²³⁷ wird untersucht, wie hilfreich die verschiedenen Komponenten des CPOE-Systems (v. a. die Vernetzung des CPOE-Systems mit einer Datenbank für Patientendaten) bei der Verhinderung von Verordnungsfehlern sind und was die Gründe für deren Verbleiben sein könnten. Die Studie wird in zwei vergleichbaren, unabhängigen Abteilungen für Innere Medizin mit je 44 Betten durchgeführt: Abteilung A verwendet seit drei Jahren ein CPOE-System mit CDSS, das mit verschiedenen Datenbanken (Medikamente, Patientendaten, Administration, Laboraten) vernetzt ist, Abteilung B verwendet handgeschriebene Verordnungen. Das System bietet Warnungen hinsichtlich Allergien, Krankheiten, Laborwerten und Wechselwirkungen mit anderen Medikamenten und weist den Arzt bei bestimmten Medikamenten darauf hin, dass regelmäßige Kontrollen der Laborwerte durchgeführt werden müssen.

Die Studie wird in beiden Abteilungen parallel über sechs Monate durchgeführt. Die Patientenakten werden täglich von einem Arzt überprüft und Verordnungsfehler in dafür vorgesehenen Formularen aufgelistet. Die Fehler werden kategorisiert in solche, die mit Medikamenten zu tun haben (Typ-1-Fehler; z. B. falscher Medikamentenname, falsche oder fehlende Dosis oder Dosierungs-

intervall etc.) und solche, die mit Patientendaten zu tun haben (Typ-2-Fehler; Wechselwirkung Medikament/Allergie, Medikament/Krankheit, Medikament/Laborwerte). Wird eine Verordnung nicht innerhalb von 24 Stunden nach einem neuen Laborergebnis oder einer neuen Diagnose geändert, gilt dies ebenfalls als Verordnungsfehler. Nach der Überprüfung der Patientenakten werden die Fehler mit den entsprechenden Ärzten besprochen und die Verordnung entweder geändert oder Übereinstimmung erzielt, dass in dem vorliegenden Fall die Verordnung korrekt war. Es werden nur Fehler berücksichtigt, die den Patienten potenziell schädigen könnten.

Für beide Fehlertypen (Typ 1, Typ 2; siehe oben) kann in der Abteilung mit CPOE-System die Fehlerzahl signifikant gesenkt werden:

Für Fehler des Typs 1 wird eine durchschnittliche Fehlerzahl von 0,41 pro Aufnahme (bzw. 5,21 Fehler pro 100 Krankenhaustage) ohne CPOE-System und von 0,10 pro Aufnahme (bzw. 1,36 Fehler pro 100 Krankenhaustage) mit CPOE-System berichtet ($p < 0,001$). Fehler, die unklare oder falsch geschriebene Medikamentennamen betreffen und eine Nachfrage beim behandelnden Arzt nötig machten, aber richtig in den Medikationsplan übertragen wurden, fehlende Angaben zur Verabreichungszeit von Medikamenten und fehlende Identifizierung des verordnenden Arztes werden nicht als Fehler gerechnet (19,6 Fehler pro 100 Krankenhaustage in Abteilung B; 0,6 Fehler pro 100 Krankenhaustage in Abteilung A).

Für Fehler des Typs 2 wird eine durchschnittliche Fehlerzahl von 0,56 pro Aufnahme (bzw. 7,20 Fehler pro 100 Krankenhaustage) ohne CPOE-System und von 0,21 pro Aufnahme (bzw. 3,02 Fehler pro 100 Krankenhaustage) mit CPOE-System berichtet ($p < 0,0001$). In beiden Abteilungen werden die meisten Fehler auf fehlende oder ungenügende Beachtung von abnormalen Laborwerten zurückgeführt. Die Verringerung der Fehlerrate, die eine fehlende Anpassung der Medikation an Laborwerte betrifft, beträgt beinahe 60 % (6,32 [ohne CPOE] und 2,56 [mit CPOE] Fehler pro 100 Krankenhaustagen; $p < 0,0001$). Die positive Korrelation von Anzahl der verschriebenen Medikamente und Auftreten von Verordnungsfehlern kann in der Abteilung mit CPOE-System eliminiert werden.

Oliven et al.²³⁷ kommen zu dem Schluss, dass ein CPOE-System potenziell fast alle Fehler Typ 1 eliminieren können. Interessant ist, dass Fehler, die auf Medikationswechselwirkungen beruhen, durch ein CPOE-System zwar signifikant vermieden wurden, jedoch nur um ca. 50 %. Das erklären die Autoren damit, dass ein Informationsmangel bezüglich der Risiken solcher Wechselwirkungen besteht und viele Ärzte Warnungen des Systems zu möglichen Medikationswechselwirkungen ignorieren.

Der Großteil der verbleibenden Typ-1-Fehler in der Abteilung mit CPOE-System wird darauf zurückgeführt, dass auf der ausgedruckten Verordnung handschriftliche Bemerkungen angefügt wurden oder dass Vorschläge des CPOE-Systems (bezüglich Medikationswechselwirkungen) vom behandelnden Arzt nicht angenommen wurden. Typ-2-Fehler in der Abteilung mit CPOE-System erklären die Autoren u. a. damit, dass Warnungen des Systems vom Arzt ignoriert werden können sowie dass Allergien und Krankheiten von Patienten nicht vollständig in die Diagnoseliste eingegeben worden waren (und das System somit auch keine Warnungen erstellen konnte).

Da das System Warnungen zu nötigen Dosisanpassungen nur während des Verordnungsprozesses erstellte, wurden Dosisanpassungen, die aufgrund neuer Labortestergebnisse nötig wurden, an Tagen, an denen keine Verordnung gemacht wurde, übersehen. Das führte nach Beendigung der Studie dazu, dass eine tägliche automatische Überprüfung der Medikation hinsichtlich der Laborwerte in das System eingebaut wurde und daraus resultierende Warnungen bei der Abendvisite kontrolliert wurden.

Studienqualität

Die Studie weist Mängel in Dokumentation und Transparenz auf. Folgende Mängel sind anhand der verwendeten Checkliste zur Bewertung der Studienqualität (vgl. 6.4.3.1 Medizinische Volltexte) anzumerken: Es fehlen Angaben zur Verblindung und Anzahl der Benutzer. Angaben zu Training und IT-Support der Benutzer werden nicht gemacht. Mögliche Verzerrungen werden von den Autoren nicht diskutiert. Die Studie wird nur in zwei Stationen für interne Medizin (je 44 Betten) durchgeführt. Die Generalisierbarkeit der Ergebnisse ist dadurch eingeschränkt.

6.5.5.3 Potts et al. 2004

Potts et al.²⁵⁵ vergleichen die Anzahl von Medikationsverordnungsfehlern vor (04.10.2001 bis 04.12.2001) und nach (04.01.2002 bis 04.03.2002) Implementierung eines CPOE-Systems mit CDSS auf einer pädiatrischen Intensivstation. Um die Implementierung durchzuführen und ein ausreichendes Training der Benutzer zu gewährleisten, werden zwischen 04.12.2001 und 04.01.2002 keine Daten gesammelt. Das CDSS gibt u. a. Warnungen hinsichtlich Allergien, Dosierungsfehlern und möglichen Medikationswechselwirkungen. Das System beinhaltet über 900 vorprogrammierte Verordnungssets und ist außerdem mit den Patientenakten vernetzt, sodass auch Warnungen hinsichtlich spezifischer Labortestergebnisse erstellt werden können. Allerdings fehlen Entscheidungshilfen hinsichtlich alters- und indikationsspezifischer Dosierung und Intervalle. Alle Verordnungen werden von einem Pharmazeuten überprüft; Fehler werden identifiziert und kategorisiert und diese von einem weiteren Pharmazeuten nachgeprüft. Für 10 % zufällig ausgewählter Patienten werden die Verordnungen zusätzlich von einem Arzt überprüft.

Fehler sind definiert als unvollständige, falsche oder unangemessene Verordnungen und kategorisiert als potenzielle UAE, Medikationsverordnungsfehler oder Regelverletzungen.

Insgesamt werden 13.828 Verordnungen für 514 Patienten analysiert: 6.803 (für 268 Patienten) vor Implementierung und 7.025 (für 246 Patienten) nach Implementierung des CPOE-Systems.

Vor der Implementierung treten insgesamt 2.662 Fehler (39,1 pro 100 Verordnungen) auf. Davon sind 147 (2,2 pro 100 Verordnungen) potenzielle UAE, 2.049 (30,1) Verordnungsfehler und 466 (6,8) Regelverletzungen. Die häufigsten Fehler in den letzten beiden Kategorien sind die Verwendung von unzulässigen Abkürzungen und fehlende Information. Durch Implementierung des CPOE-Systems kann die Anzahl der Fehler drastisch reduziert werden: Insgesamt kommt es nur noch zu 110 Fehlern (1,6 pro 100 Verordnungen; 88 [1,3] potenzielle UAE; 12 [0,2] Verordnungsfehler; 10 [0,1] Regelverletzungen). Die häufigsten potenziellen UAE sind Fehler hinsichtlich Dosierung und Verabreichungsintervall; die Reduktion der Fehlerraten durch ein CPOE-System für diese Art von Fehlern ist nicht signifikant.

Insgesamt kann mithilfe des CPOE-Systems die Fehlerrate hinsichtlich Medikationsverordnung um 95,9 % reduziert werden: Verordnungsfehler werden um 99,4 %, Regelverletzungen um 97,9 % und potenzielle UAE um 40,9 % verringert. Potts et al.²⁵⁵ weisen darauf hin, dass ein Hauptnutzen des CPOE-Systems die verbesserte Kommunikation innerhalb des Gesundheitspersonals war. Die fehlende Signifikanz bezüglich einer Reduktion der Fehlerrate hinsichtlich Dosierung und Verabreichungsintervall wird auf die fehlenden Entscheidungshilfen für diese Parameter zurückgeführt. Festgestellt wird auch, dass ein CPOE-System trotz der Vorteile, die ein solches Verordnungssystem bietet, nicht die alleinige Lösung ist, potenzielle UAE zu verhindern. Sie fordern CDSS, die auf die pädiatrische Population zugeschnitten sind.

Studienqualität

Die Studie weist Mängel in Dokumentation und Transparenz auf. Folgende Mängel sind anhand der verwendeten Checkliste zur Bewertung der Studienqualität (vgl. 6.4.3.1 Medizinische Volltexte) anzumerken: Die Studie hat ein Vorher-Nachher-Design, es fehlen Angaben zur Anzahl der Benutzer. Training und IT-Support der Benutzer werden nicht beschrieben. Die Studie wird in einer pädiatrischen Intensivstation mit 20 Betten durchgeführt. Die Generalisierbarkeit der Ergebnisse ist dadurch eingeschränkt.

6.5.5.4 Zusammenfassung und Bewertung der Studienergebnisse

Die Qualität und Transparenz der Arbeiten ist zum Teil mangelhaft^{57, 199, 265}, die qualitativ hochwertigsten sind die Studien von Colpaert et al.⁶⁷ und Kaushal et al.¹⁶⁴ (siehe Tabelle 17: Tabelle zur Qualitätsbewertung für systematische Übersichtsarbeiten und Tabelle 22: Tabelle zur Qualitätsbewertung für die Primärstudien).

Die Ergebnisse der vorliegenden Primärstudien sind insgesamt schwer vergleichbar. Zwar werden alle in Universitäts- bzw. Lehrkliniken durchgeführt, jedoch werden unterschiedliche Zeiträume betrachtet und verschiedene CPOE-/CDS-Systeme in verschiedenen Krankenhausstationen verwendet, die zu einem unterschiedlichen Ausmaß mit anderen Systemen des KIS vernetzt sind. Eine klare Definition

davon, was einen Medikationsfehler bzw. ein UAE darstellt, wird nur von Colpaert et al.⁶⁷ und Potts et al.²⁵⁵ gegeben. Insgesamt ist die Transparenz der Dokumentation zum Teil mangelhaft.

Alle eingeschlossenen Primärstudien und Übersichtsarbeiten untersuchen den Einfluss eines CPOE-/CDS-Systems auf die Medikationsverordnungsfehlerrate und kommen zu dem Schluss, dass ein CPOE-System mit CDSS in der Lage ist, Fehler in der Medikationsverordnung signifikant zu reduzieren; geringfügige Verordnungsfehler (z. B. unvollständige oder unleserliche Verordnungen) können fast vollständig eliminiert werden. Die Reduktion der UAE-Rate durch CPOE-Systeme wird nur von zwei Primärstudien evaluiert.^{67, 255}, wobei nur eine der beiden Studien von einer signifikanten Reduktion der UAE-Rate berichtet⁶⁷. Außerdem wird in zwei Studien gezeigt, dass durch die Verwendung eines CPOE-Systems zwischen der Anzahl der verschriebenen Medikamente und dem Auftreten von Verordnungsfehlern keine positive Korrelation mehr nachgewiesen werden kann^{67, 237}).

Hinsichtlich zusätzlicher Auswirkungen eines CPOE-Systems wird von einer Verbesserung bei der Einhaltung von Leitlinien¹⁹⁹ und der Kommunikation innerhalb des Behandlungsteams²⁵⁵ berichtet. Übersichtsarbeiten weisen auf eine Verbesserung der Patientenbetreuung²⁷¹ und eine Erhöhung der Mitarbeiterzufriedenheit⁵⁷ hin.

In zwei der Primärstudien wird das CPOE-System gleichzeitig in zwei Stationen implementiert^{67, 237}, zwei Studien vergleichen einen Zeitraum vor und nach der Implementierung des Systems^{199, 255}.

6.5.5.5 Übertragbarkeit der Studienergebnisse auf Deutschland

Eine Übertragbarkeit der Studienergebnisse auf Deutschland ist nur eingeschränkt möglich. Nur eine der Primärstudien wurde in Europa durchgeführt⁶⁷, der Großteil der Literatur, der auch in den Übersichtsarbeiten zitiert wird, kommt aus den USA, wobei diese Studien fast ausschließlich CPOE-Systeme betreffen, die an nur wenigen Krankenhäusern intern entwickelt wurden und nicht kommerziell erhältlich sind. Neben grundsätzlichen Unterschieden zum deutschen Gesundheitssystem und zu deutschen Krankenhäusern weisen die Autoren der bewerteten Literatur wiederholt darauf hin, dass die Ergebnisse der Studien wegen der bereits oben angesprochenen Unterschiede in den Systemen nicht generalisierbar sind^{265, 271}.

6.5.6 Ergebnisse der ökonomischen Bewertung

Anhand der in Tabelle 3 (Selektionskriterien für die ökonomischen Volltexte) angegebenen Selektionskriterien werden eine Kosten-Wirksamkeits-Analyse und drei Kosten-Nutzen-Analysen in die zu bewertende Literatur eingeschlossen. Alle eingeschlossenen Studien berechnen die Kosten-Wirksamkeits- bzw. Kosten-Nutzen-Relation aus Sicht des betroffenen Krankenhauses. Außerhalb des Krankenhauses entstehende positive oder negative Effekte werden also nicht berücksichtigt.

Tabelle 9: In die Bewertung eingeschlossene ökonomische Studien

Autor (en)	Jahr	Titel	Land
Wu et al. ³⁴⁴	2007	Cost-effectiveness of an Electronic Medication Ordering and Administration System in Reducing Adverse Drug Events	Kanada
Kaushal et al. ¹⁶³	2006	Return on Investment for a Computerized Physician Order Entry System	USA
Fung et al. ¹¹⁶	2003	Will Decision Support in Medications Order Entry Save Money? A Return On Investment Analysis of the Case of the Hong Kong Hospital Authority	China
Schmitt et al. ²⁷⁹	2002	Financial Analysis Projects Clear Returns from Electronic Medical Records	USA

USA = United States of America, dt.: Vereinigte Staaten von Amerika.

Quelle: ÖBIG-FP-eigene Darstellung

Die genaue Auflistung der extrahierten Informationen in standardisierter Form, mit Anmerkungen bei mangelnder Qualität oder Transparenz, findet sich in Tabelle 23 bis Tabelle 26. Eine Übersicht über die Studien entsprechend der verwendeten Checkliste zur Bewertung der Studienqualität

(vgl. 6.4.3.2, Ökonomische Volltexte) findet sich in Tabelle 28: Tabelle zur Qualitätsbewertung für die ökonomischen Studien).

Ein zweijähriges, von den Firmen Cerner, General Electric, Hewlett-Packard, Johnson & Johnson und Xerox gesponsertes Projekt der US-amerikanischen RAND Corporation, fertiggestellt im Jahr 2005, versucht mithilfe umfassender Modellrechnungen^{42, 43, 123, 143} eine ebenfalls monetäre Kosten-Nutzen-Analyse zu einer flächendeckenden Einführung von elektronischen medizinischen Dokumentationssystemen im Gesundheitssystem. Abgedeckt wird sowohl der stationäre als auch der ambulante Bereich. Der Schwerpunkt im stationären Bereich wird dabei auf „neuere, komplettere“ Systeme gelegt, die auch CDSS und CPOE-Systeme beinhalten. Die Definition der beinhalteten Komponenten erfolgt jedoch inkonsistent. Ein eigenes Kapitel eines der Projektberichte⁴³ widmet sich zwar ausschließlich der Einführung von CPOE-Systemen, hier werden jedoch nur die möglichen Kosteneinsparungen quantifiziert. Trotz der umfassenden im Internet zur Verfügung gestellten Materialien ist die Darstellung von Methodik sowie Ergebnissen des Projekts insgesamt außerdem sehr unübersichtlich und teilweise intransparent. Die Studie wird aufgrund dieser Mängel aus der bewerteten Literatur ausgeschlossen, Methodik und Ergebnisse des Kapitels zu CPOE-Systemen werden unter Punkt 6.5.6.2.4 (Hillestad et al. 2005) jedoch textlich dargestellt.

6.5.6.1 Kosten-Wirksamkeits-Studie(n)

6.5.6.1.1 Wu et al. 2007

Eine kanadische Modellrechnung von 2007³⁴⁴ führt eine Kosten-Wirksamkeits-Analyse aus Sicht dreier an die Universität von Toronto angeschlossener Lehrkrankenhäuser (700 Betten) durch, die in einem Netzwerk (University Health Network (UHN)) zusammengefasst sind. Dort besteht seit 1988 ein elektronisches Eingabesystem für die ärztliche Anordnung von Labor- und Radiologiebefunden. 2004 wurden ein elektronisches Arzneimittelverordnungssystem für Ärzte und die elektronische Dokumentation der Arzneimittelverabreichung (Pflegepersonal) eingeführt. Dafür wurde ein Softwareprodukt zugekauft (vgl. Tabelle 21: Potts et al. (2004)). Hinsichtlich der Entscheidungsunterstützung bei der Arzneimittelverordnung beinhaltet das System Warnmeldungen bei Allergien, möglichen Wechselwirkungen und doppelter Verordnung. Neue Verordnungen können vom Pflegepersonal direkt im elektronischen Dokumentationstool für die Verabreichung der Arzneimittel eingesehen werden, in der Folge wird die Verabreichung selbst im System dokumentiert. Ein Barcode-System wurde nicht eingeführt, ebenso wenig Systeme zur automatisierten Arzneimittelausgabe. Im bisherigen System wurden Arzneimittelverordnungen auf Papier durchgeführt.

In der Modellrechnung wird das neue System mit dem alten verglichen, Zielgröße ist die Verhinderung von UAE. Berechnet werden dementsprechend die durch die Systemeinführung entstehenden Kosten in Relation zu den verhinderten UAE (inkrementelle Kosten-Wirksamkeits-Analyse). Da nach einem Ablauf von zehn Jahren potenziell mit einem Systemaustausch oder einem umfangreicheren Update gerechnet wird, wird die Modellrechnung auf zehn Jahre beschränkt.

UAE werden anhand der Literatur als ein durch die Anwendung (oder Nichtanwendung) eines Arzneimittels verursachter Schaden im weiteren Sinn („an injury, large or small“) definiert. Vermeidbare UAE werden definiert als jene UAE, die durch einen Fehler verursacht bzw. mit vorhandenen Mitteln, z. B. vorhandenem Wissen, vermieden werden können. Dabei werden in der Studie jene vermeidbaren UAE nicht-berücksichtigt, die mit höchst geringer Wahrscheinlichkeit zu einer Beeinträchtigung führen (z. B. eine ausgelassene Arzneimitteldosis, deren Konsequenzen als unbedeutend eingeschätzt wurden). Die tatsächlich verhinderten UAE sind eine Teilgruppe der vermeidbaren.

Die Autoren gehen von einer UAE-Rate von 1,4 % aus (d. h. 1,4 UAE per 100 Krankenhausaufnahmen), davon 40 % vermeidbare UAE und wiederum davon 21 % durch ein CPOE-System tatsächlich verhinderte UAE. Das heißt, 8,4 % aller UAE werden annahmegemäß durch das betrachtete CPOE-System verhindert. Die Gesamtkosten der CPOE-System-Einführung (inklusive der laufenden Kosten) werden mit 3,32 Mio. USD berechnet. Daraus resultieren bei Systemeinführung Mehrkosten von 12.700 USD pro verhindertes UAE.

Die Ergebnisse der durchgeführten Sensitivitätsanalyse zeigen, dass die Kosten stark ansteigen, wenn von einer geringeren Wirksamkeit des Systems ausgegangen wird (anhand der grafischen Darstellung im Artikel: etwa 50.000 USD pro verhindertes UAE bei 5 % Wirksamkeit und 100.000 USD

pro verhindertes UAE bei etwas über 2,5 %). In dieser Studie wird darüber hinaus nur ein Teilsystem zugekauft. Erhöht man die Gesamtkosten des Systems von 3,32 Mio. USD auf knapp 19 Mio. USD – dies entspricht den in der Literatur häufig zitierten Anschaffungskosten von 8 Mio. USD sowie laufenden Kosten von 1,35 Mio. USD für ein 500-Betten-Krankenhaus¹⁰⁸ – resultiert eine ebenfalls deutliche Erhöhung der Kosten pro verhindertes UAE auf 73.000 USD. Eine ähnliche Auswirkung zeigt sich, wenn angenommen wird, dass durch das CPOE-System die Arbeitszeitbelastung der Ärzte um 5 % ansteigt.

Die Aussagekraft des Ergebnisses von ca. 13.000 USD pro verhindertes UAE ist außerdem eingeschränkt, da es keine allgemeinen Entscheidungskriterien gibt, wie viel ein Krankenhaus für die Verhinderung eines UAE investieren soll. Von den Autoren wird angemerkt, dass positive Folgewirkungen einer UAE-Reduktion, wie die Reduktion bleibender Behinderungen oder der Krankenhausverweildauer, noch hinzukommen. Allerdings erfolgt kein Versuch, dies zu quantifizieren.

Als Unsicherheitsfaktor zeigt sich die Wirksamkeit des CPOE-Systems, da die Annahmen der Autoren zum einen auf lediglich zwei aufgrund der systematischen Literatursuche identifizierten Studien beruhen, zum anderen das Ergebnis diesbezüglich sensitiv ist (siehe oben), v. a. bei Annahme einer geringeren Wirksamkeit. Hier wird Bedarf an qualitativ hochstehenden Studien gesehen.

Für die Übertragbarkeit des Ergebnisses auf andere Krankenhäuser ist zu beachten, dass die Anschaffungskosten deutlich höher sein können, wenn ein komplettes elektronisches System neu angeschafft werden muss. Auch werden in diesem Krankenhaus die Arztgehälter extern bezahlt. Eine durch das CPOE-System höhere Arbeitszeitbelastung der Ärzte führt jedoch ebenfalls zu deutlichen Mehrkosten.

Studienqualität

Die Studie ist weitgehend transparent dokumentiert. Folgende Mängel sind anhand der verwendeten Checkliste zur Bewertung der Studienqualität (vgl. 6.4.3.2, Ökonomische Volltexte) anzumerken: Es werden nur zwei von mehreren infrage kommenden relevanten Alternativen einbezogen (vgl. auch 6.5.6.3, Zusammenfassung und Bewertung der Studienergebnisse). Die Wahl der Analyse (Kosten-Wirksamkeits-Analyse) und die Wahl der betrachteten Perspektive (Sicht des Krankenhauses) erscheinen nicht ganz schlüssig. Aus Sicht des Krankenhauses wäre eine Kosten-Nutzen-Analyse möglicherweise angezeigt, für eine Kosten-Wirksamkeits-Analyse sollte bei dieser Fragestellung idealerweise die volkswirtschaftliche Perspektive berücksichtigt werden (vgl. auch 6.5.6.3, Zusammenfassung und Bewertung der Studienergebnisse sowie 6.6.3, Kosten-Effektivität von CPOE-Systemen).

Anmerkungen zu den einzelnen extrahierten Daten/Informationen hinsichtlich mangelnder Qualität oder Transparenz finden sich auch in Tabelle 23 (Wu et al. (2007)).

6.5.6.2 Kosten-Nutzen-Studien

6.5.6.2.1 Kaushal et al. 2006

Kaushal et al.¹⁶³ untersuchen retrospektiv Kosten und monetär bewerteten Nutzen der Einführung eines CPOE-Systems aus Sicht einer amerikanischen Universitätsklinik (720 Betten). Das krankenhauserweitert entwickelte CPOE-System wurde 1993 eingeführt. Es beinhaltet verschiedenste Tools zur elektronischen Entscheidungsunterstützung, sowohl für die elektronische Arzneimittelverordnung als auch für die Anordnung von Labor- und Röntgenuntersuchungen. In Bezug auf die Arzneimittelverordnung enthalten sind beispielsweise die Überprüfung der Verordnung auf Arzneimittelwechselwirkungen, Allergien, Dosierung, Darreichungsform etc. – teilweise auf einzelne Fachbereiche begrenzt – sowie eine Leitlinienimplementierung für innovative Arzneimittel. Die einzelnen Komponenten werden über Jahre hinweg schrittweise eingeführt. Eine komplette Aufzählung und Beschreibung aller eingeführten und untersuchten Komponenten fehlen in der Studie.

Verglichen wird das neue, schrittweise eingeführte System mit dem vorher existierenden (keine genaue Beschreibung): Über einen Zeitraum von zehn Jahren werden Anschaffungs- und laufende Kosten des Systems berechnet und davon die Kosteneinsparungen durch das System abgezogen (z. B. durch effizienteren Arzneimittelverbrauch, effizientere Arbeitsabläufe oder reduzierte UAE-Rate).

Die Berechnung ergibt Gesamtkosten von 11,8 Mio. USD und eine gesamte Kostenersparnis von 28,5 Mio. USD, damit Nettoersparnisse von 16,7 Mio. USD. Die Kosten eines UAE werden dabei mit 4.685 USD angesetzt.

Die Studie stellt eine retrospektive Datenerhebung dar und weist Mängel, insbesondere in Bezug auf die transparente Darstellung der Methodik und der betrachteten Intervention auf (siehe unten). Zur Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Krankenhäuser kann insbesondere deshalb wenig gesagt werden, da es sich um ein vor Ort entwickeltes, spezifisch angepasstes System handelt. Interessant erscheint jedoch, dass einige wenige Interventionen (darunter Dosierungshinweise abhängig von der Nierenfunktion, UAE-Prävention z. B. durch Überprüfung auf Wechselwirkungen und Leitlinienimplementierung) einen Großteil der Kostenersparnisse generieren. Die Autoren empfehlen deshalb eine entsprechende Fokussierung bei der Planung eines CPOE-System-Einsatzes. Besonderes Augenmerk sei außerdem auf eine reibungslose Ablauforganisation zu richten, um die Arbeitszeit von Ärzten und Pflegepersonal möglichst wenig zu belasten.

Studienqualität

Die Studie ist nicht transparent dokumentiert. Folgende Mängel sind anhand der verwendeten Checkliste zur Bewertung der Studienqualität (vgl. 6.4.3.2, Ökonomische Volltexte) anzumerken: Es werden nur zwei von mehreren infrage kommenden relevanten Alternativen einbezogen (vgl. auch 6.5.6.3, Zusammenfassung und Bewertung der Studienergebnisse). Es erfolgt keine klare Beschreibung der Alternativen sowie aller eingeschlossenen Kosten und Effekte und von deren Berechnungsmethoden. Die Daten werden retrospektiv erhoben, für die unterschiedlichen Einzelinterventionen gelten unterschiedliche Beobachtungszeiträume, manche werden mangels ausreichender Datenlage nicht berücksichtigt. Es werden keine statistischen Analysen zur Datenunsicherheit durchgeführt. Die Ergebnisse der Studie werden nicht mit den Ergebnissen anderer publizierter Studien verglichen.

Anmerkungen zu den einzelnen extrahierten Daten/Informationen hinsichtlich mangelnder Qualität oder Transparenz finden sich auch in Tabelle 24 (Kaushal et al. (2006)).

6.5.6.2.2 Fung et al. 2003

Fung et al.¹¹⁶ untersuchen die Erweiterung eines vorhandenen elektronischen Arzneimittelverordnungs-systems um ein Modul mit Entscheidungsunterstützung in den 14 öffentlichen Krankenhäusern Hongkongs (ca. 15.000 Betten). Das vorhandene System – mit Schnittstelle zum Krankenhausapothekensystem – wird dabei überwiegend im ambulanten Bereich eingesetzt. Zusätzlich existiert ein elektronisches Netzwerk zwischen den Krankenhäusern. Das neue System beinhaltet die Überprüfung der Arzneimittelverordnung auf Allergien, auf Widersprüche zu Laborergebnissen, auf Wechselwirkungen zu anderen Arzneimitteln und auf die Dosierung.

Mithilfe einer Fünf-Jahres-Modellrechnung wird die Frage analysiert, ob die zusätzliche Einführung des Entscheidungshilfesystems im bereits bestehenden CPOE-System ohne Entscheidungshilfe (nur elektronische Verordnung von Arzneimitteln) einen kostensparenden Effekt aufgrund vermiedener UAE hat. Es wird angenommen, dass über den betrachteten Zeitraum hinweg eine schrittweise Ausdehnung des Systems auf den stationären Bereich erfolgt.

Medikationsfehler werden definiert als Fehler, die während des Prozesses der Verordnung oder der Ausgabe des Arzneimittels auftreten. UAE werden anhand der Literatur definiert als Schaden aufgrund einer medizinischen Intervention, bei der ein Arzneimittel involviert ist. Vermeidbare UAE werden definiert als jene UAE, die durch Medikationsfehler verursacht werden.

Die Autoren gehen von einer UAE-Rate von 0,63 % aus (d. h. 0,63 UAE per 100 Krankenhausaufnahmen), davon 40 % vermeidbare UAE und wiederum davon 42 % durch ein CPOE-System tatsächlich verhinderte UAE. Darüber hinaus kalkulieren sie jedoch einen „Zufallsfaktor“ ein, der diesen Anteil um zusätzliche 25 bis 50 % reduziert. Das heißt, 4,2 bis 8,4 % aller UAE werden annahm gemäß durch das betrachtete CPOE-System tatsächlich verhindert.

Die Berechnung ergibt Gesamtkosten von 499.000 USD und jährliche Kosteneinsparungen von 216.000 (bei 4,2 % verhinderter UAE) bzw. 423.000 USD (bei 8,4 % verhinderter UAE). Die

Nettoersparnisse belaufen sich auf 44.000 (bei 4,2 % verhinderter UAE) bzw. 586.000 USD (bei 8,4 % verhinderter UAE). Die Kosten eines UAE werden dabei mit 820 USD angesetzt.

Studienqualität

Die Studie ist weitgehend transparent dokumentiert. Folgende Mängel sind anhand der verwendeten Checkliste zur Bewertung der Studienqualität (vgl. 6.4.3.2, Ökonomische Volltexte) anzumerken: Es werden nur zwei von mehreren infrage kommenden relevanten Alternativen einbezogen (vgl. auch 6.5.6.3, Zusammenfassung und Bewertung der Studienergebnisse). Ein erhöhter Arbeitszeitbedarf der Ärzte durch die Softwareeinführung sowie Kosteneinsparungen (z. B. durch geringeren Medikamentenverbrauch) werden nicht erwähnt bzw. nicht in Betracht gezogen. Es werden keine Aussagen zur Generalisierbarkeit der Studienergebnisse gemacht.

Anmerkungen zu den einzelnen extrahierten Daten/Informationen hinsichtlich mangelnder Qualität oder Transparenz finden sich auch in Tabelle 25 (Fung et al. (2003).

6.5.6.2.3 Schmitt et al. 2002

Die Modellrechnung²⁷⁹ wurde mit dem Ziel des Nachweises von Nettoersparnissen bei Einführung eines elektronischen medizinischen Dokumentationssystems an einer Gesundheitseinrichtung durchgeführt, die aus einem Krankenhaus (280 Betten) mit 16 ambulanten Kliniken und einem Netzwerk von ca. 400 angestellten Ärzten besteht. Das eingeführte System beinhaltet verschiedenste Hardware- und Softwarekomponenten, u. a. für die Arzneimittelverordnung, sowie enthält Entscheidungshilfen wie die Überprüfung der Verordnung z. B. auf Kontraindikationen und Dosierung. Eine detaillierte Beschreibung erfolgt nicht.

Verglichen wird das neu eingeführte System mit dem vorher existierenden, weitgehend papierbasierten System. Für einen Zeitraum von sieben Jahren werden die geschätzten Anschaffungs- und laufenden Kosten des Systems berechnet und davon die Kosteneinsparungen durch das System abgezogen (z. B. durch effizienteren Arzneimittelverbrauch oder effizientere Arbeitsabläufe).

Die Autoren gehen von einer UAE-Rate von 6,7 % aus, wovon annahmegemäß 28 % durch das CPOE-System tatsächlich verhindert werden. Die Berechnung ergibt gesamte Nettoersparnisse von 31,4 Mio. USD. Die Kosten eines UAE werden dabei mit 3.900 USD angesetzt.

Studienqualität

Die Studie weist deutliche Mängel in der Dokumentation und der Transparenz auf, Literaturangaben fehlen völlig. Folgende Mängel sind anhand der verwendeten Checkliste zur Bewertung der Studienqualität (vgl. 6.4.3.2, Ökonomische Volltexte) anzumerken: Es werden nur zwei von mehreren infrage kommenden relevanten Alternativen einbezogen (vgl. auch 6.5.6.3, Zusammenfassung und Bewertung der Studienergebnisse). Es erfolgen keine klare Beschreibung der Alternativen sowie keine Begründung bzw. Quellenangabe zu den verschiedenen Annahmen hinsichtlich der erwarteten Einsparungseffekte. Einige Kosten sowie Kosteneinsparungen werden erwähnt, aber nicht berücksichtigt, ohne dass dies hinreichend begründet wird. Zudem fehlt eine Sensitivitätsanalyse, was insbesondere beim sehr hoch angesetzten Wert von 28 % durch CPOE-Systeme verhinderbarer UAE auffällt. Die Ergebnisse der Studie werden nicht mit den Ergebnissen anderer publizierter Studien verglichen.

Anmerkungen zu den einzelnen extrahierten Daten/Informationen hinsichtlich mangelnder Qualität oder Transparenz finden sich auch in Tabelle 26 (Schmitt et al. (2002).

6.5.6.2.4 Hillestad et al. 2005

Hillestad et al.^{42, 43, 123, 143} errechnen die Kosteneinsparungen bei einer flächendeckenden Einführung von CPOE-Systemen, d. h. bei Einführung in 90 % aller US-Krankenhäuser (vgl. auch 6.5.5.4, Zusammenfassung und Bewertung der Studienergebnisse). Bei den CPOE-Systemen handelt es sich um Systeme zur elektronischen (Arzneimittel-)Verordnung durch den Arzt, die CDSS einschließen und mit Patientendatenbanken verknüpft sind.

Gravierende Medikationsfehler werden als Fehler definiert, die ihrer Schwere nach zu UAE führen oder führen können⁴³. Die generell zugrunde gelegte Rate an gravierenden Medikationsfehlern beträgt

7,6 pro 1.000 Krankenhaustage (Patiententage), darüber hinaus wird anhand der Literatur (vgl. auch 6.5.5.1, Metaanalysen, HTA-Berichte und systematische Übersichtsarbeiten) angenommen, dass CPOE-Systeme 55 % dieser Fehler verhindern können, wobei potenzielle UAE (gravierende Medikationsfehler, die aber keine UAE verursachen) in höherem Ausmaß verhindert werden. Um die Medikationsfehlerrate auf einzelne Krankenhäuser bzw. Patientenkollektive verteilen zu können, wird außerdem die Annahme zugrunde gelegt, dass das Auftreten von gravierenden Medikationsfehlern mit der Krankheitsdiagnose bzw. einer Kombination von Krankheitsdiagnosen zusammenhängt. Deswegen wurden von einem ärztlichen Experten den Krankheitsdiagnosen Wahrscheinlichkeitswerte für das Auftreten eines gravierenden Medikationsfehlers zugeordnet. Diese Werte wurden in der Folge mit nationalen Datensammlungen zu Krankenhausentlassungen (Patientendaten, Diagnose etc.) sowie Krankenhauscharakteristika (Anzahl Betten, Spezialisierung etc.) verschmolzen.

Im Ergebnis zeigt sich, dass die Einführung von CPOE-Systemen bei allen Krankenhäusern ab einer Größe von 100 Betten insgesamt zu etwa 200.000 vermiedenen UAE pro Jahr führt. Geht man davon aus, dass ein verhindertes UAE die Anzahl der Patiententage eines Krankenhauses um 4,6 und die Krankenhauskosten um 4.685 USD reduziert (die Annahmen beziehen die Autoren aus der Literatur), belaufen sich die gesamten daraus resultierenden jährlichen Einsparungen auf 1 Mrd. USD – die Gesamtausgaben für Krankenhausbehandlungen in den USA werden von den Autoren zum Vergleich für 2002 mit 486 Mrd. USD angegeben. Für ein einzelnes Krankenhaus mit 500 oder mehr Betten sind die Einsparungen mit etwa 1 Mio. USD pro Jahr zu beziffern, für kleinere Krankenhäuser sind sie entsprechend geringer (auch die Einsparungen pro Bett sind bei kleineren Krankenhäusern etwas kleiner). Die Nettoersparnisse werden nicht berechnet.

6.5.6.3 Zusammenfassung und Bewertung der Studienergebnisse

Die Ergebnisse der Studien sind insgesamt schwer vergleichbar, da sie unterschiedliche Settings, verschiedene Interventionen (mit unterschiedlichen Teilkomponenten) und verschiedene Zeiträume betrachten. Erschwerend kommt die teilweise sehr mangelhafte Transparenz der Dokumentation hinzu. Alle vier bewerteten Studien erfassen Kosten und Effekte aus Sicht eines Krankenhauses oder eines Krankenhausverbundes.

Perspektive

Zu den Kosten aus Sicht des Krankenhauses zählen Anschaffungskosten und laufend anfallende Kosten (inklusive der Kosten für Fortbildung oder Projektmanagement). Zu den möglichen Effekten zählen Kosteneinsparungen durch beispielsweise geringeren bzw. effizienteren Arzneimittelverbrauch, effizientere Arbeitsabläufe oder geringere Krankenhausverweildauer, z. B. aufgrund reduzierter UAE-Raten (vgl. dazu auch 6.6, Diskussion). Aus der betriebswirtschaftlichen Perspektive des Krankenhauses erscheint es grundsätzlich sinnvoll, Kosten und Effekte monetär gegeneinander aufzurechnen, wie es Kaushal et al.¹⁶³, Fung et al.¹¹⁶ und Schmitt et al.²⁷⁹ tun. Alle drei Studien kommen dabei zu dem Ergebnis, dass insgesamt Nettoersparnisse durch die Einführung des jeweils betrachteten (CPOE-)Systems zu erwarten sind. Monetär schwer bewertbare weitere Effekte aus Sicht des Krankenhauses könnten z. B. eine Änderung in der Zufriedenheit bzw. Arbeitsmotivation der Ärzte oder eine Imageveränderung des Krankenhauses sein. Wu et al.³⁴⁴ gehen einen Schritt weiter und nehmen implizit an, dass die Verhinderung von Medikationsfehlern und in der Folge von UAE für ein Krankenhaus einen (immateriellen) Wert per se hat. Sie berechnen die Kosten, die im Rahmen der CPOE-Einführung für jedes durch diese Maßnahme verhinderte UAE gezahlt werden müssen, und zwar mit 12.700 USD. Letztlich dürfte die Toleranzschwelle aus Krankenhaussicht jedoch auch hier bei den dadurch erwarteten Kosteneinsparungen liegen. Wenn ein UAE mit Kosten im Bereich von maximal 5.000 USD angesetzt wird (vgl. die Annahmen bei Kaushal et al.¹⁶³, Fung et al.¹¹⁶ und Schmitt et al.²⁷⁹), bestätigt sich hier das Ergebnis einer Nettokostensparnis nicht.

Aus Sicht des gesamten Gesundheitssystems sind die Auswirkungen der Einführung eines CPOE-Systems in beispielsweise allen oder in einem Großteil der Krankenhäuser weiter gefasst, da auch potenzielle Effekte in anderen Sektoren des Gesundheitssystems mit berücksichtigt werden müssen, etwa für die Krankenbehandlung im niedergelassenen Bereich. Aus volkswirtschaftlicher Sicht sind des Weiteren Auswirkungen wie ein geringerer Produktivitätsausfall durch eine geringere

Krankenhausverweildauer oder weniger bleibende Behinderungen bei reduzierter UAE-Rate in Erwägung zu ziehen.

Aus Patientensicht relevant sind Zugewinne der Lebensqualität, wenn UAE verhindert werden, bzw. – bei Mortalität durch UAE – ein Zugewinn an Lebensjahren.

Eingeschlossene Kosten und Effekte

Alle Studien gehen nicht nur von unterschiedlichen eingeführten Systemen und damit verbundenen Kosten aus (vgl. auch Tabelle 27: Gesamtkosten von CPOE-Systemen bei Wu et al., Kaushal et al., Fung et al. und Schmitt et al. zum Vergleich), sondern auch von einem unterschiedlichen Ausmaß bei den Effekten, seien es monetäre Effekte im Sinn von Kosteneinsparungen oder Gesundheitseffekte im Sinn einer reduzierten UAE-Rate. Besonders deutliche Einsparungen errechnen die beiden Studien^{163, 279}, die neben einer gesenkten UAE-Rate als einzige auch monetäre Einsparungseffekte z. B. durch geringeren Arzneimittelverbrauch mit einbeziehen. Wu et al.³⁴⁴ schließen die Einbeziehung von monetären Einsparungseffekten dezidiert als nicht klar erwiesen oder vernachlässigbar aus. Dies könnte neben anderen Faktoren die vergleichsweise hohen Kosten pro verhindertes UAE erklären.

Von einer Reduktion der UAE-Rate durch CPOE-Systeme gehen alle Studien aus. Einschränkend ist jedoch die mangelnde Evidenz zu dieser Annahme anzuführen (vgl. 6.5.5, Ergebnisse der medizinischen Bewertung bzw. 6.5.5.4, Zusammenfassung und Bewertung der Studienergebnisse). Unter diesem Aspekt erscheint es besonders prekär, dass eine Analyse²⁷⁹ von einer Reduktion tatsächlich durch CPOE-Systeme verhinderter UAE von 28 % ausgeht. Die Vergleichsannahmen bei den anderen Studien^{116, 344} liegen bei 4,2 bis 8,4 %. Bei Kaushal et al.¹⁶³ fehlt hierzu eine Aufschlüsselung.

Vergleichsalternativen

Die Vergleichsalternative ist bei drei Studien, soweit angegeben, ein (weitgehend) papierbasiertes System^{163, 279, 344} und in einem Fall ein (erst teilweise eingesetztes) elektronisches Arzneimittelverordnungs-system ohne Entscheidungsunterstützung¹¹⁶. Die Ergebnisse lassen keine Rückschlüsse auf einen Vergleich von CPOE-Systemen zu weiteren Alternativen der Medikationsfehlervermeidung wie etwa einer Einstellung von zusätzlichem pharmazeutischen Personal oder anderen elektronischen Informationssystemen zu.

Eine Computersimulation⁸ von 2002 vergleicht die Kosteneffekte von fünf Interventionen, nämlich Entscheidungsunterstützung bei der Arzneimittelverordnung (Annahme: 20-prozentige Reduktion der Verordnungsfehler), elektronische Eingabe der Arzneimittelverordnung (ohne Entscheidungsunterstützung; Annahme: 30-prozentige Reduktion der Transkriptionsfehler), ein Pharmaziesystem (Unit-dosing-System; Annahme: 80-prozentige Reduktion der Arzneimittelausgabefehler), ein Barcode-system (Annahme: 60-prozentige Reduktion der Arzneimittelverabreichungsfehler) und ein Komplettsystem (Kombination aller vier Strategien). Die Studie bezieht sich auf ein großes Lehrkrankenhaus mit bestehendem KIS. Berechnet wird die Auswirkung auf die UAE-Rate, wobei ein UAE mit 2,2 zusätzlichen Krankenhaustagen á 2.595 USD angesetzt wird. Es zeigt sich, dass die Intervention mit Entscheidungsunterstützung bei der Arzneimittelverordnung die UAE-Rate nicht signifikant verringert (eine komplette Aufschlüsselung der Ergebnisse fehlt allerdings) und von allen Interventionen am schlechtesten abschneidet. Die größten Kostenersparnisse bringt das Komplettsystem. Die Studie berechnet jedoch keine Nettokostenersparnisse.

6.5.6.4 Übertragbarkeit der Studienergebnisse auf Deutschland

In Anbetracht der oben dargestellten Limitationen der Studienergebnisse und deren Widersprüchlichkeit, ist die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf das deutsche Gesundheitssystem bzw. auf deutsche Krankenhäuser nur grundsätzlich anzusprechen: Hinsichtlich der Wirksamkeit von CPOE-Systemen im Sinn einer Verhinderung von UAE sind unterschiedliche Krankenhausstrukturen zu berücksichtigen, insbesondere ob es sich um ein kleineres, allgemein ausgerichtetes Krankenhaus handelt oder um ein großes, hoch spezialisiertes²⁸⁹. Hinsichtlich der Kosten einer CPOE-System-Einführung und insbesondere hinsichtlich der Bewertung der im Krankenhaus entstehenden Kosteneinsparungen ist auch ganz grundsätzlich von Unterschieden zwischen den Gesundheitssystemen auszugehen²⁸⁹. Die Kosten eines in mehreren deutschen Krankenhäusern eingesetzten

CPOE-/CDS-Systeme belaufen sich nach mündlicher Auskunft des Softwareanbieters auf durchschnittlich 15.000 Euro Softwaremiete pro Jahr (hier sind Supportleistungen wie Software- und Daten-Updates eingeschlossen) zuzüglich einmaliger Anschaffungskosten für die benötigte Hardware und, wenn gewünscht, einer Anbindung an das krankenhaus-eigene Informationssystem. Die Kosten einer solchen Anschaffung sind grundsätzlich vom Krankenhaus selbst zu tragen. Eine umfassende Evaluierung von Kosten und Nutzen ist nach dem Wissensstand der Autoren derzeit an keinem Krankenhaus in Deutschland geplant.

6.5.7 Soziale (und ethische) Aspekte

Die Literatursuche ergibt insgesamt elf Texte, die soziale Gesichtspunkte bei der Einführung von CPOE-Systemen behandeln und den Selektionskriterien (unter 6.4.2.2.3: Ethische, soziale und juristische Aspekte) entsprechen. Die Fragestellungen und Methodiken dieser elf Arbeiten sind in nachfolgender Tabelle 10 skizziert.

Tabelle 10: Arbeiten zu sozialen Aspekten

Autor(en), Jahr, Land der Durchführung	Fragestellung bzw. Zielsetzung	Setting und Methodik (Datenerhebung, ggf. Teilnehmerauswahl, Datenanalyse)	Ergebnisse (vgl. Kapitel)
Ash et al. ¹⁸ 2007 USA	Entnommener Aspekt: soziale Aspekte unerwünschter Folgen des CPOE-Einsatzes; Erarbeitung von Lösungsvorschlägen zu deren Vermeidung	Mixed-Methods-Ansatz (Einbeziehung qualitativer und quantitativer Daten); Studienzeitraum drei Jahre. Durchführung einer Telefonumfrage (national). Ergebnisdiskussion und Evaluation mit einem Expertengremium (zwei Sitzungen). Felddaten aus sechs Krankenhäusern: halbstandardisierte Interviews, Beobachtungen, Fokusgruppen. Datenanalyse (750 Transkriptseiten) auf Basis des Grounded-Theory-Ansatzes.	6.5.7.3
Georgiou et al. ¹²¹ 2007 Australien	Auswirkungen der Einführung eines CPOE-Systems hinsichtlich sozialer und organisatorischer Kriterien wie Veränderungen in Arbeitspraktiken, Vorgehen oder Verantwortlichkeiten (am Beispiel einer Pathologie-Abteilung).	Phase 1: Vor-Ort-Beobachtungen und Videoaufzeichnungen der Arbeitsprozesse; semistrukturierte Interviews (bzw. Fokusgruppen) mit Ärzten und Laborpersonal der pathologischen Abteilung eines australischen Krankenhauses im Jahr 2004 (40 Interviews). In Phase 2 zusätzlich: Interviews (und Fokusgruppen) mit offenen Fragen zur Feststellung von Einstellungen und Erfahrungen mit dem System (19 Interviews). Analyse der Rechercheergebnisse und Interview-Transkripte auf Basis des Grounded-Theory-Ansatzes. Herausarbeitung von Regelmäßigkeiten. Einschränkung: Betrachtung ausschließlich eines Krankenhauses.	6.5.7.1
Aarts et al. ¹ 2006 USA	Beschreibung der Effekte des CPOE-Einsatzes hinsichtlich interprofessioneller Zusammenarbeit, Arbeitsabläufen und Qualität der Behandlung.	Semistrukturierte Interviews mit Experten, die in Design, Implementierung und Evaluation von CPOE-Systemen involviert waren. Auswertung der 17 Interview-Transkripte (Inhaltsanalyse von 269 Textseiten).	6.5.7.1 und 6.5.7.3
Ash et al. ²⁰ 2005 USA	Welches sind die Erfolgsfaktoren der Implementierung eines CPOE-Systems?	Semistrukturierte Interviews mit Einzelpersonen und Fokusgruppen(diskussionen) verschiedener Professionen (inklusive Skeptikern) in vier US-amerikanischen Krankenhäusern über einen Zeitraum von sieben Jahren (1997–2004); Wiederholung der erstmalig 1997 geführten Interviews im Jahr 2002. Inhaltsanalyse von 2.570 Textseiten.	6.5.7.1 und 6.5.7.2 und 6.5.7.3

Fortsetzung Tabelle 10: Arbeiten zu sozialen Aspekten

Sittig et al. ³⁰¹ 2005 USA	Untersuchung der durch die Nutzung von CPOE-Systemen hervorgerufenen (positiven oder negativen) Emotionen (z. B. bei Fehlermeldungen).	Sekundäranalyse von Interview- und Beobachtungsdaten von etwa 50 Personen aus drei US-amerikanischen Krankenhäusern. (Inhalts-Analyse (von 1.280 Textseiten) hinsichtlich klassifizierbarer Muster und Zuordnung zu als positiv oder negativ empfundenen Emotionen.	6.5.7.3
Aarts et al. ² 2004 Niederlande	Analyse des Einführungsprozesses eines CPOE-Systems in einer niederländischen Universitätsklinik hinsichtlich sozialer und organisatorischer Kriterien.	Semistrukturierte Interviews und Dokumentenanalysen im Zeitraum von 1998 bis 2003. Textanalytische Auswertung von 15 Interviews mit zehn Experten und Ergebnissen eigener Beobachtungen aus Meetings.	6.5.7.1
Poon et al. ²⁵⁴ 2004 USA	Hürden bei der Implementierung und der Akzeptanz von CPOE-Systemen in US-amerikanischen Krankenhäusern.	Semistrukturierte 30-minütige Telefoninterviews mit 52 Managern (Leitern der Abteilung für Informationstechnologie (46 % der Teilnehmer) Leitern der Finanzabteilung (21 % der Teilnehmer), ärztlichen Direktoren (21 % der Teilnehmer), und (12% weiteren Führungskräften) in 26 US-amerikanischen Krankenhäusern (im Jahr 2002). Analyse der Interview-Transkripte auf Basis des Grounded-Theory-Ansatzes. Anmerkung zum Studiendesign: Interviewpartner wurden zufällig aus einer zuvor erstellten Klassifizierung der Krankenhäuser nach deren Implementierungsfortschritt ausgewählt.	6.5.7.1 und 6.5.7.2
Ash et al. ¹⁶ 2003 USA	Identifizierung von Erfolgsfaktoren bei der Implementierung von CPOE-Systemen.	Analyse von Daten aus formellen wie informellen Interviews, Beobachtungen und Fokusgruppen (im Umfang von 1.280 Transkriptseiten in drei US-amerikanischen Krankenhäusern) durch ein multidisziplinäres Team auf Basis des Grounded-Theory-Ansatzes.	6.5.7.2
Ash et al. ²² 2003 USA	Analyse der Rollen und Wichtigkeit spezieller Personen (z. B. Fachpromotoren, Opinion- Leader) bei der Einführung von CPOE-Systemen.	Analyse von Daten aus formellen wie informellen Interviews, Beobachtungen und Fokusgruppen (im Umfang von 1.825 Transkriptseiten in drei US-amerikanischen Krankenhäusern) durch ein multidisziplinäres Team auf Basis des Grounded-Theory-Ansatzes.	6.5.7.3
Ash et al. ¹⁵ 2003 USA	Ermittlung und Beschreibung der Wahrnehmung von und Sichtweisen auf CPOE-Systeme durch verschiedene Akteursgruppen (Benutzer, Verwaltung etc.).	Verschiedene qualitative Verfahren: Beobachtungen, Fokusgruppen, Interviews mit klinischem, administrativem und IT-Personal in drei US-amerikanischen Krankenhäusern. Datenanalyse (220 Transkriptseiten) auf Basis des Grounded-Theory-Ansatzes.	6.5.7.3
Gorman et al. ¹²⁵ 2003 USA	Entnommener Aspekt: Analyse der Kommunikations- und Kollaborationsprozesse bei der Verwendung von CPOE-Software.	Interpretative Analyse von (durch die Autoren erhobenen) Felddaten.	6.5.7.2

CPOE = Computerized physician order entry. IT = Informationstechnik. USA = United States of America, dt.: Vereinigte Staaten von Amerika.

Quelle: ÖBIG-FP-eigene Darstellung

Die betrachteten Studien verwenden durchgehend eine qualitative Herangehensweise. Methodisch stehen für die Datengewinnung Interviews (Einzel- und Gruppeninterviews) und die teilnehmende Beobachtung (bspw. der Arbeitsprozesse oder der Teilnahme an Teamsitzungen) im Vordergrund. Einige Studien orientieren sich hinsichtlich ihrer Verfahrensweise bei der Analyse, der systematischen Aufbereitung (dem Auffinden von stabilen, klassifizierbaren Mustern) und der Auswertung der Interview-Transkripte am sozialwissenschaftlichen Grounded-theory-Ansatz.

Inhaltlich wird vom Gros der Studien versucht, die Sichtweisen aller an der Einführung oder dem Betrieb von CPOE-Systemen beteiligten Akteursgruppen (Ärzte, Verwaltung, IT) einzubeziehen. Thematisch können die Ergebnisse folgenden drei Hauptgesichtspunkten zugeordnet werden:

1. Der Herausforderung, dass die Akzeptanz von CPOE-Systemen weniger eine technische als eine soziale bzw. organisatorische Frage ist (vgl. auch 6.5.7.1),
 - a. die maßgeblich von der Schaffung einer organisations- und abteilungsübergreifenden Kultur der vertrauensvollen Zusammenarbeit abhängt (da ihnen ein hoher Grad an Interdisziplinariät bzw. wechselseitigen Abhängigkeiten in den Tätigkeiten zugrunde liegt)
 - b. und Methoden des sogenannten Change-Management (d. h. Maßnahmen und Tätigkeiten, die weitreichende (Ver-)Änderungen in einer Organisation zur Umsetzung von neuen Prozessen und Verhaltensweisen bewirken sollen) erfordert,
2. den Erfolgsfaktoren für die Einführung und Akzeptanz von CPOE-Systemen (vgl. auch 6.5.7.2)
3. und häufigen Gründen für das konkrete Auftreten von Problemen und deren Vermeidung bzw. Behebung (vgl. auch 6.5.7.3).

6.5.7.1 Die soziale und organisatorische Herausforderung bei der Einführung von CPOE-Systemen

Die Einführung komplexer IT-Systeme, wie sie CPOE-Systeme darstellen, hat beträchtlichen Einfluss auf betriebliche Prozesse bezüglich Arbeits- und Ablauforganisation sowie auf die sozialen Beziehungen zwischen den beteiligten Akteuren. Bei Letzteren geht es sowohl um die persönliche (interpersonelle) als auch um die berufsgruppen- oder abteilungsspezifische Ebene. Dem Tenor der betrachteten Studien zufolge ist der entscheidende Erfolgsfaktor eine enge, integrierte Betrachtung der technisch-fachlichen und der interpersonell-sozialen Dimension (z. B. Aarts et al.², Georgiou et al.¹²¹). Die Wichtigkeit einer Einbeziehung der interpersonell-sozialen Dimension unterstreicht ein Ergebnis der Studie von Poon et al.²⁵⁴, die in einer Befragung von 52 Managern vom Großteil zur Antwort bekamen, dass der Widerstand der Ärzte eine größere Hürde für die Einführung eines CPOE-Systems darstelle als die Kosten. Um dem thematisierten Interaktorskonflikt (Management versus Ärzte) zu begegnen, empfehlen Ash et al.²⁰ eine möglichst umfassende Herbeiführung von Interessenausgleichen zwischen den Akteursgruppen.

Ash et al.²⁰ stellten in einem von ihnen studierten Krankenhaus fest, dass die erfolgreiche Einführung eines CPOE-Systems weniger mit der verpflichtenden Nutzung des Systems als vielmehr durch Schaffung und Entwicklung einer Organisationskultur, die durch gegenseitige Unterstützung und Vertrauen geprägt ist, zu erreichen war. Als notwendige Voraussetzungen wurden eine vertrauensvolle multidisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Verwaltung und klinischem Personal im Allgemeinen sowie zwischen Ärzten, Krankenschwestern und Pharmazeuten im Speziellen festgestellt.

Dem Management kommt dabei neben der erwähnten Aufgabe des Interessenausgleichs die Schaffung weiterer notwendiger Rahmenbedingungen zu. Poon et al.²⁵⁴ nennen beispielsweise die Institutionalisierung eines intensiven abteilungsübergreifenden Dialogs, die Unterstützung des Projektteams durch offenes Bekenntnis zur und glaubwürdiges Eintreten für die Einführung des CPOE-Systems. Dies beinhaltet auch organisationale Veränderungen, die signalisieren, dass die geforderten neuen Verhaltensweisen umgesetzt werden sollen (Stellenprofile, Anreizsysteme, formale Kompetenzen etc.), und eine möglichst klare Kommunikation dessen, was sich (durch die Einführung des CPOE-Systems) für welchen Akteur ändern wird (Schaffung von Transparenz und Vorhersehbarkeit). Dies betrifft die durch den Softwareeinsatz notwendig werdenden Prozessreorganisationen, die damit verbunden sein können, dass sich (im Vergleich zur bestehenden Situation) Verantwortlichkeiten zwischen Abteilungen oder Berufsgruppen ändern bzw. verschieben oder bisher nicht gekannte Prozessabhängigkeiten entstehen können (Georgiou et al.¹²¹). Rollen, Aufgaben und Verantwortlichkeiten seien Aarts et al.¹ zufolge in der Realität oft weniger klar umrissen, als die Software-Designer von CPOE-Systemen annehmen. Georgiou et al.¹²¹ illustrieren dies beispielsweise an der Existenz impliziter, nicht-formalisierter Handlungen (z. B. dynamisch sich ändernde Rollen, Aufgaben, Verantwortlichkeiten oder Absprachen unter Ärzten und Krankenschwestern oder abteilungs-

übergreifend), die ein Computerprogramm zur erfolgreichen Bearbeitung jedoch in explizierter, formalisierter Art benötigt.

6.5.7.2 Erfolgsfaktoren sozialer Natur

In einer standortübergreifenden qualitativen Studie, die der Frage der Erfolgsfaktoren der Einführung eines CPOE-Systems nachgeht und Ergebnisse aus einem Sieben-Jahres-Zeitraum aggregiert, betonen die Autoren ferner die Wichtigkeit einzelner special people bei der Entwicklung, Einführung und im laufenden Betrieb. Ash et al.²² und Poon et al.²⁵⁴ sprechen von Champions im Sinn von akzeptierten Mitarbeitern, die einerseits sowohl eine Vorreiterrolle (Promotorenrolle) übernehmen als auch die Schnittstelle zwischen Unternehmensführung und Anwendern darstellen sollen, andererseits durch ihr fachliches Know-how eine optimale Anpassung und Abbildung der realen Arbeitsabläufe in der Software gewährleisten sollen. Als gleichermaßen wichtig wird die Abstimmung von weiteren hausinternen Kräften im Implementierungsprozess genannt. Deren Wort hätte bezüglich Akzeptanzsteigerung zum einen mehr Gewicht als das von externen Kräften (z. B. Beratern), zum anderen seien Poon et al.²⁵⁴ zufolge hausinterne Mitarbeiter, z. B. in Form von (jungen) Assistenzärzten, in IT-Technologie bereits bewanderter und eventuell interessierter als ältere Kollegen, lieferten hilfreiches Feedback und spielten bei der Einschulung des restlichen Personals eine wichtige Rolle als Multiplikatoren und Fachpromotoren. Training und Support der Benutzer sind Ash et al.²⁰ zufolge Haupterfolgsfaktoren zur Integration von eher blockierenden Akteuren.

Entscheidend ist ferner, dass genügend Personen vorhanden sind, die die Implementierung vorantreiben und sich dafür verantwortlich fühlen. Verantwortung kann dadurch erzeugt werden, dass den Beteiligten die Möglichkeit einer Einflussnahme in den Einführungsprozess gewährt wird, indem sie aktiv in den Prozess eingebunden werden. Die zugrundeliegende Annahme ist, dass durch eine erhöhte Identifikation mit dem Projekt eine erhöhte Bereitschaft zur Mitwirkung erzielt werden kann (Ash et al.¹⁶).

Betont wird auch die Notwendigkeit einer zweiseitigen Information und Kommunikation (Gorman et al.¹²⁵). Zwar ist es zu Beginn wichtig, im Sinn eines Positivmarketings die Vorteile zu kommunizieren, es sollte aber auch den negativen Konsequenzen Raum gegeben werden, damit eine Identifikation mit dem Projekt stattfinden kann. Als Beispiel für die nicht-kommunizierten Nachteile nennen Ash et al.²⁰ das Argument der Ärzte, die das System operativ zu benutzen haben, dass die Systemeinführung der Krankenhausverwaltung mehr Vorteile bringe – z. B. in Form der Erfüllung von (gesetzlichen) Aufgaben der Qualitätssicherung oder Haftung – als ihrer eigenen Arbeit.

Auf der Ebene der fachlichen Kommunikation weisen einige Autoren darauf hin, dass durch die technischen Möglichkeiten von CPOE-Systemen etablierte Kommunikationsprozesse und -wege durch neuartige (elektronische) und nicht-ausreichend verstandene ersetzt wurden, die in einigen Fällen zu Missverständnissen und Unsicherheiten inhaltlicher Natur geführt hätten (Georgiou et al.¹²¹, Gorman et al.¹²⁵).

6.5.7.3 Häufige Gründe für das Auftreten von Problemen (und deren Vermeidung)

Als deutlichste Hürden in der Einführung von CPOE-Systemen identifizieren Poon et al.²⁵⁴ in einer qualitativen Studie neben den bereits genannten Benutzern (in erster Linie Ärzte) bzw. organisationalen Umständen die Unausgereiftheit der verfügbaren Produkte und ihre mangelnde Anpasstheit an die jeweilige Einrichtung (im Auslieferungszustand). Vonseiten der Ärzte würde dann argumentiert, dass (durch die IT-Unterstützung) in etablierte Workflows eingegriffen werde, die im Vergleich zum bisherigen Verfahren (der Dokumentation auf Papier) keine Effizienzsteigerungen brächten und im Gegenteil eher aufwändiger seien bzw. bürokratischen Aufwand zu Lasten der verfügbaren Zeit mit dem Patienten bedeuteten (Aarts et al.¹).

Diese mangelnde Anpassung manifestiert sich beispielsweise auch im Gefühl der Benutzer, dass sie sich nach dem System zu richten hätten, nicht umgekehrt. Dadurch können Sittig et al.³⁰¹ zufolge starke Emotionen bei den Benutzern ausgelöst werden, welche nicht selten negativer Natur seien und auf Effektivität und Akzeptanz negativ wirken könnten.

Emotionen

Sittig et al.³⁰¹ gehen in ihrer Sekundäranalyse qualitativer Interviewdaten ($n \approx 50$) der Frage nach, inwieweit vorhandene Emotionen (negativer, neutraler oder positiver Natur) im Umgang mit CPOE-Systemen Auswirkungen auf deren Akzeptanz haben können. Die Autoren vermuten, dass der Implementierungsprozess wie die technische Gestaltung von CPOE-Systemen starke Emotionen bei den Beteiligten hervorrufen können. Sie kommen zum Schluss, dass CPOE-Systeme bei Ärzten überwiegend mit negativen Emotionen in Verbindung gebracht werden, mit der möglichen Folge, dass diese Systeme nicht Teil des Arbeitsalltags werden und somit scheitern. Designern und Implementierern komme demnach unter anderem die Aufgabe zu, positive Feedback-Mechanismen zu integrieren. Die Autoren nennen in diesem Zusammenhang beispielsweise die Möglichkeit, (irrelevante) Warnmeldungen individuell vom Benutzer deaktivierbar machen zu können, motivierende Meldungen bei der korrekten (und/oder zeitgerechten) Eingabe von Daten zu präsentieren (z. B. in der Form: „Herzlichen Glückwunsch: Sie haben erfolgreich“) oder aber auch finanzielle Anreize in Abhängigkeit festzulegender Parameter zu setzen (Ash et al.¹⁵).

Sittig et al.³⁰¹ argumentieren, dass Benutzer das System eher einsetzen und akzeptieren, wenn positive Rückmeldungen oder das Gefühl von Kontrolle über ihre Arbeitsabläufe vermittelt würden. Das Design von Warnmeldungen (Alerts) sollte demnach keinen belehrenden oder bestrafenden Charakter, sondern vielmehr einen der konstruktiven Hilfe vermitteln.

Gefahren

Ash et al.¹⁸ sprechen im Zuge ihrer Diskussion unerwünschter Folgen durch die Einführung von CPOE-Systemen in Bezug auf die Kommunikation zwischen beteiligten Akteuren von einer möglichen Kommunikations-Illusion, d. h. von der fälschlichen Annahme, dass Informationen rein durch ihre Erfassung in einem Computer vom Gegenüber gesehen, verstanden und die notwendigen, daraus folgenden Aktionen ausgeführt werden würden.

Die technische Dimension (und ihre Auswirkungen auf die soziale Ebene) betreffend, erwähnen Ash et al.¹⁸ in ihrer Studie den seitens der Ärzte beanstandeten zeitlichen Mehraufwand bzw. die erhöhte Arbeitsbelastung, die durch CPOE-Software in Form von (technisch bedingten) Notwendigkeiten bei der Dateneingabe (Pflichtfelder) und der aufmerksamen Bearbeitung etwaiger Fehlermeldungen entsteht. Seidling et al.²⁸⁴ weisen beispielsweise darauf hin, dass eine übermäßige Anzahl an nicht spezifischen Fehler- und Hinweismeldungen dazu führen kann, dass wichtige Systemmeldungen übersehen oder ignoriert werden.

Als aus Benutzersicht hinderlich bezeichnen Ash et al.¹⁸ die Notwendigkeit des Hantierens mit mehreren Passwörtern. Auch die mangelnde Integration von IT-Systemen wird von Benutzern häufig kritisiert (Ash et al.¹⁶). Zum Teil müssten Informationen mehrfach erfasst werden. Als Beispiel werden die über das CPOE-System beim Pharmazeuten eintreffenden Arzneimittelbestellungen genannt, die dann über ein weiteres Softwaresystem (das ein anderes Look and feel haben kann) fakturiert und ausgegeben werden müssen. Weitere die usability (d. h. die Benutzbarkeit und Ergonomie) von CPOE-Systemen betreffende Kritikpunkte beziehen sich auf die (teilweise als zu hoch empfundene) Anzahl an Masken, die bis zum erfolgreichen Abschluss eines Bestellvorgangs zu durchlaufen sind. Letzteres wird Ash et al.^{20, 23} zufolge oft im Zusammenhang mit der Schnelligkeit des Systems, d. h. mit zu kurzen Reaktionszeiten zwischen den Eingaben, genannt. Die Möglichkeit schnellen Arbeitens ist generell eines der Kriterien, die als wichtigste erachteten (Ash et al.²⁰). Die Aufgabe der IT-Verantwortlichen besteht zusammenfassend darin, die technischen Voraussetzungen sowie die Anforderungen für die Bedienung von CPOE-Systemen so gering und einfach wie möglich zu halten. Dies kann ferner dazu beitragen, die Argumentation von Skeptikern insofern zu entschärfen, als technische Aspekte nicht mehr uneingeschränkt als Vorwand zur Vermeidung der Diskussion fachlicher Aspekte angeführt werden können.

6.5.7.4 Ethische Aspekte

Eine Recherche nach Artikeln mit speziell ethisch relevanten Aspekten verlief ergebnislos bzw. lieferte keine repräsentativen Ergebnisse. Ansatzweise werden bei Gundermann¹³² mögliche Auswirkungen skizziert, die sich durch die im Zusammenhang mit der elektronischen Verordnung geschaffene Möglichkeit ergeben, sektorenübergreifend eine digitale Historie des Patienten anzulegen (gläserner

Patient). Die sich eröffnende ethische Dimension sei darin zu sehen, dass die (privaten) Krankenkassen, bei denen die Krankheitsdaten in Form von EMR abgelegt werden, eine gezieltere Risikoselektion durch Einteilung der Versicherten in Risikoklassen vornehmen könnten.

Auf CPOE-Systeme bezogen nennt Pommerantz²⁵² die mögliche Einflussnahme von Pharmaunternehmen auf die Verordnungspraxis von Ärzten, beispielsweise durch die Bezuschussung oder Zurverfügungstellung von CPOE-Systemen und/oder die gezielte Vorauswahl jeweils eigener Produkte im Rahmen der Verordnungsempfehlungen.

Ein weiterer ethischer Aspekt betrifft die Frage, inwiefern sich nachteilige Auswirkungen ergeben (können), wenn sich verschreibende Ärzte z. B. durch eine langjährige Nutzung der CPOE-Technologie hundertprozentig (oder blind) auf diese verlassen und ein Hinterfragen oder eine Kontrolle der (Verordnungs-)Vorschläge dadurch unterbleibt. Als denkbare Folge käme dann auch in Betracht, die Bedienung dieser Technologie zu delegieren, das heißt, dafür auch weniger qualifizierte Kräfte einsetzen zu können. Ein Literaturbeleg zu dieser Thematik konnte nicht recherchiert werden.

6.5.8 Juristische Aspekte

Es konnte ein Artikel (Pruszydlo et al.²⁵⁷) mit juristischen Aspekten und direktem Bezug zu CPOE-Systemen identifiziert werden. Das Gros der juristischen Betrachtungen (etwa bei Kaiser¹⁵⁶; Schug²⁸¹; Dietzel⁸⁷; Gundermann¹³²) konzentriert sich im weiter gefassten Kontext auf rechtliche Folgen von Telematikanwendungen im Gesundheitswesen, die sich aus den entsprechenden Neuregelungen des GKV-Modernisierungsgesetzes (GMG) bzgl. Einführung der elektronischen Gesundheitskarte (eGK) und des darauf abgelegten elektronischen Rezepts (bzw. elektronische Verordnung gemäß § 291 Abs. 1 SGB V) ergeben. Ein Augenmerk wird dabei auf die durch das Sozialgesetzbuch (SGB) V geforderte einrichtungsübergreifende Behandlungsdokumentation individueller Krankheitsverläufe und die damit verbundene behandlungsbezogene Zusammenführung von Patientendaten hinsichtlich Fragen bzw. Bedenken des Datenschutzes gelegt²⁸¹.

Pruszydlo et al.²⁵⁷ studieren spezielle Funktionen eines CPOE-Systems, welche eine mögliche Minimierung von Regressansprüchen seitens der Krankenkassen durch Herstellung gesetzlicher Konformität enthalten. Vom Gesetzgeber werden in § 115c SGB V Form und Inhalt des medikamentösen Weiterbehandlungsvorschlags für den niedergelassenen Arzt im Entlassbrief vorgeschrieben. In der von den Autoren genannten Klinik sorgt eine vom CPOE-System zum Schreiben von Entlassungsbriefen geschaffene Schnittstelle für die Ergänzung dieser Informationen. Vor dieser Erweiterung waren den Autoren zufolge nur wenige Entlassungsbriefe dieser Klinik gesetzeskonform.

Poon et al. schließlich erwägen die Möglichkeit, spezielle (reduzierte) Beitragssätze für die Ärzthaftpflichtversicherungen bei CPOE-Einsatz auszuhandeln, sofern den Versicherungsgesellschaften die Risikoreduktionen durch den Einsatz von CPOE-Systemen (d. h. durch die Erhöhung von Maßnahmen zur Patientensicherheit) glaubhaft gemacht werden können.

Zur Frage, ob CPOE-Systeme als Medizinprodukte zu klassifizieren sind und damit dem Medizinproduktegesetz (MPG) eindeutig unterliegen, bietet zunächst § 3 Abs.1 MPG die Definition, dass ein Produkt dann ein Medizinprodukt ist, wenn es der Hersteller dafür vorsieht, Krankheiten oder Verletzungen zu erkennen (diagnostizieren), zu überwachen oder zu behandeln. Darunter fällt auch die für das einwandfreie Funktionieren des Medizinprodukts eingesetzte Software (eindeutig z. B. Software zur Steuerung von Infusionspumpen). Eine Beurteilung für derzeit verfügbare CPOE-Systeme (als reine Softwaresysteme) muss im Einzelfall geschehen und sich an deren technischem Entwicklungsstand orientieren. Zwar steht bei den derzeit am Markt erhältlichen KIS-Systemen (und den zum Teil darin enthaltenen CPOE-Systemen) noch der Aspekt der Dokumentation im Vordergrund, der zur Einstufung als Medizinprodukt nicht ausreicht. Nachdem die KIS-Hersteller jedoch ihre Produkte mit immer mehr Funktionen – auch zur Diagnostik – ausstatten, wird die Bewertung der Klassifikation von KIS-Systemen als Medizinprodukte in näherer Zukunft unter diesen Gesichtspunkten zu wiederholen sein.

Sofern ein Produkt dem MPG nicht eindeutig unterliegt, ist die entscheidende Frage für die Zuordnung (zu einem Medizinprodukt): „Wozu dient das System?“ Ein Produkt wird nur durch den beabsichtigten Gebrauch (intended use), also die sogenannte Zweckbestimmung, zum Medizinprodukt erhoben. Definiert ist die Zweckbestimmung nach § 3 Abs. 10 MPG folgendermaßen: „Zweckbestimmung ist die

Verwendung, für die das Medizinprodukt in der Kennzeichnung, der Gebrauchsanweisung oder den Werbematerialien nach den Angaben des in Nummer 15 (dort wird der Hersteller definiert) genannten Personenkreises bestimmt ist.“ Diese Festlegung ist also nach § 3 Abs. 15 MPG durch den Gesetzgeber in die Hände des Herstellers gelegt worden, d. h., dass erst durch dessen Festlegung einer Zweckbestimmung für das Produkt die Relevanz des Medizinproduktrechts (mit seinen weiteren Folgen bezüglich Zulassung, Vigilanz etc.) festgelegt wird (Dräger⁹³). Für reine Softwarelösungen vertritt Dräger⁹³ die Ansicht, dass neben der Anbringung eines CE-Kennzeichens (dieses zeigt an, dass das Produkt den relevanten europäischen Richtlinien entspricht) zur Kenntlichmachung ferner produktbegleitende Informationen, die der Hersteller oder sein Bevollmächtigter dem Produkt beilegt, notwendig sind. Dies können der Produktname, der schon durch die Produktbezeichnung eine Zuordnung zu einem Medizinprodukt nahelegt, oder die technische Dokumentation sein, die eine Klarstellung der medizinischen Zweckbestimmung bewirken.

Hinsichtlich der Haftungsfrage ist der Umfang der Zweckbestimmung (nach Inverkehrbringen gemäß § 4, bis 6 MPG) für die Risikoabgrenzung zwischen dem Anwender (dem Arzt) und dem Hersteller beim Umgang mit dem Medizinprodukt von großer Wichtigkeit. Der Hersteller bürgt dafür, dass von seinem Medizinprodukt bei ordnungsgemäßer Handhabung (im Rahmen einer medizinisch üblichen Anwendung) kein unverhältnismäßig hohes Risiko ausgeht. In Fragen der Haftung (unter Beteiligung eines Medizinprodukts) wird im Schadensfall der eingetretene Sachverhalt nämlich vor dem Hintergrund der festgelegten Zweckbestimmung gewertet (Dräger⁹³).

6.6 Diskussion

CPOE-Systeme sind elektronische Verordnungssysteme, mit deren Hilfe Ärzte Verordnungen direkt in den Computer eingeben können, wo sie mit individuellen Informationen zum Patienten (z. B. Laborergebnisse, andere Verordnungen) vernetzt und automatisch auf Fehler oder mögliche Probleme überprüft werden. CPOE-Systeme mit eingebautem CDSS können Warnungen zu möglichen Medikationswechselwirkungen, Allergien oder Überdosen bereitstellen und Informationen zu Medikamenten liefern, damit die Verordnung sofort korrigiert werden kann, bevor sie für den geplanten Behandlungsschritt elektronisch weitergeleitet wird^{68, 320}.

Häufig ist das CPOE-System Teil eines gesamten KIS, das z. B. auch EMR, Labor-, Radiologie- und Pharmazie-Systeme, ADM und eMAR beinhaltet. Das Ausmaß an Entscheidungshilfe, das ein CDSS bietet, ist unterschiedlich; üblicherweise wird unterschieden zwischen einfachen CDSS (Unterstützung bezüglich Dosis, Verabreichungsrouten und Verabreichungsfrequenzen) und hochentwickelten CDSS (Überprüfung hinsichtlich Allergie, Laborwerte, möglicher Wechselwirkungen zu anderen Medikamenten; Erinnerungen zu nötigen Begleitverordnungen und medikationsspezifischen Richtlinien)^{164, 265}. Kuperman et al.¹⁸⁵ hingegen definieren ein einfaches CDSS als ein System, das Überprüfung hinsichtlich Allergien, Doppelverordnungen und Medikationswechselwirkungen ermöglicht sowie einfache Dosieranleitung und Entscheidungshilfe bezüglich der pharmazeutischen Darreichungsform bietet; ein hochentwickeltes CDSS schließt Dosieranleitungen bei Niereninsuffizienz und in der Geriatrie, Richtlinien zu nötigen Labortests bei Verordnung bestimmter Medikamente, Überprüfung von Kontraindikationen und Schwangerschaft ein.

In der Literatur ist insgesamt eine inkonsistente und häufig intransparente Verwendung des Begriffs zu beobachten, teilweise werden oben beschriebene Systeme auch mit anderen (allgemeineren) Termini belegt. Der vorliegende Bericht greift sinngemäß auf die in den beiden vorangestellten Absätzen genannten Definitionen zurück und schränkt die Betrachtung auf im stationären Bereich eingesetzte CPOE-Systeme ein (vgl. auch 6.2.2.1, CPOE-Systeme; 6.3, Forschungsfragen).

6.6.1 Effektivität von CPOE-Systemen

Die potenziellen Vorteile von CPOE-Systemen mit CDSS werden vom National Health Service im UK³⁰⁵ wie folgt angegeben:

- Alle Verordnungen beinhalten Medikamentenname, Dosis, Verabreichungsrouten und -frequenz (das System fordert den Benutzer auf, diese Daten einzugeben).
- Die Verordnungen sind leserlich, der verschreibende Arzt ist identifizierbar.
- Während der Verordnung ist Information zum Patienten und zum Medikament verfügbar.
- Im Fall der Auswahl von regelwidrigen Dosierungen und Verabreichungsfrequenzen erhält der Benutzer einen Warnhinweis.
- Verordnungen werden auf Allergien, Medikationswechselwirkungen, Medikations-Laborwert-Wechselwirkungen, Kontraindikationen und Vorsichtsmaßnahmen für spezielle Patienten geprüft, und bei Bedarf werden Warnhinweise für den Benutzer erstellt.
- Alle relevanten Patientendaten und Informationen zu deren Therapie sind zentral verfügbar.
- UAE können dokumentiert und kommuniziert werden, Prüfungen und Pharmakovigilanz werden vereinfacht.
- UAE können erfasst werden, indem z. B. die Verwendung von Gegenmitteln (Vitamin K; Glukagon) und die Ereignisse, die zu ihrer Verwendung führten, überprüft werden.
- Relevante Ordnungsrichtlinien können in das Ordnungssystem eingebaut werden und damit optimale Behandlungsmethoden fördern.

Durch Vernetzung mit anderen IT-Systemen (Pharmazie, Labor, Pathologie etc.) können weitere Möglichkeiten erschlossen werden.

Darüber hinaus werden CPOE-/CDS-Systeme v. a. als eine mögliche Strategie zur Reduktion von Medikationsfehlern gesehen, die in der Folge zu einer Reduktion der UAE-Rate führen kann. Veränderungen der UAE-Rate (d. h. – im positiven Fall – Verringerung der Morbidität sowie eventuell bleibender Behinderungen bzw. Steigerung der Lebensqualität) und etwaige Auswirkungen auf die Mortalität sind auch als hauptsächliche patientenrelevante Endpunkte zu sehen. Weitere patientenrelevante Effekte sind von verbessertem Befolgen der Behandlungsrichtlinien oder von einer optimierten Patientenbetreuung zu erwarten (Beispiel: frühere Entfernung unnötiger Blasenkateter). Ein kausaler Zusammenhang ist anhand der Literatur jedoch ungewiss. Zusätzlich können CPOE-Systeme aber auch Auswirkungen auf andere, auf das Krankenhaus und die Krankenhausorganisation selbst bezogene Bereiche haben. Etwa kann es zu einer Veränderung der Mitarbeiterzufriedenheit oder der Kommunikation zwischen den Mitarbeitern kommen. Selbstverständlich können sich auch das Ausmaß der Arbeitszufriedenheit des Krankenhauspersonals oder das Ausmaß und die Qualität der Kommunikationsabläufe positiv bzw. negativ für die Patienten auswirken. Von einer harten Datenlage kann jedoch auch hier nicht ausgegangen werden. Aus diesem Grund wurden im vorliegenden Bericht für die Bewertung der Effektivität von CPOE-Systemen (vgl. 6.4.2.2.1, Medizinische Volltexte) lediglich Studien einbezogen, die die Endpunkte UAE-Rate bzw. Morbidität und Mortalität untersuchen. Da sich diese Kriterien als zu selektiv erwiesen, wurden in einem weiteren Schritt auch Studien, die zumindest den relativ harten Surrogatparameter der Rate der Medikationsfehler betrachten, mit aufgenommen. In Tabelle 11 (In Studien untersuchte Endpunkte zur Effektivität von CPOE-Systemen) werden zusätzlich weitere Parameter, die in verschiedenen Studien zu CPOE-Systemen untersucht wurden, aufgelistet und anschließend textlich erläutert. Neben den eingeschlossenen bewerteten Studien^{57, 67, 164, 199, 237, 255, 265, 271} werden hier demnach auch Studien genannt, die andere als durch die Einschlusskriterien vorgegebene Parameter untersuchen sowie zwei Studien, die zwar den Endpunkt Mortalität untersuchen, aber aufgrund eines retrospektiven Studiendesigns ausgeschlossen wurden. Aufgrund der Vielfältigkeit und Komplexität der betrachteten Intervention ist diese Übersicht, beispielsweise zu Aspekten der Ablauforganisation im Krankenhaus, nicht erschöpfend.

Tabelle 11: In Studien untersuchte Endpunkte zur Effektivität von CPOE-Systemen

Endpunkt	Studie(n)	
Patientenrelevante Endpunkte		
Medikationsfehlerrate (Surrogatparameter)	Rommers et al. ²⁶⁵ ; Chedoe et al. ⁵⁷ ; Rothschild et al. ²⁷¹ ; Kaushal et al. ¹⁶⁴ ; Mahoney et al. ¹⁹⁹ ; Colpaert et al. ⁶⁷ ; Oliven et al. ²³⁷ ; Potts et al. ²⁵⁵	
UAE-Rate	Potts et al. ²⁵⁵ ; Rommers et al. ²⁶⁵ ; Rothschild et al. ²⁷¹ ; Kaushal et al. ¹⁶⁴ ; Colpaert et al. ⁶⁷	
Einhaltung von Richtlinien (Surrogatparameter)	Starmer et al. zitiert in IOM ¹⁴⁹ ; Mahoney et al. ¹⁹⁹	
Qualität der Patientenbetreuung (Surrogatparameter)	Rothschild ²⁷¹	
Mortalität	Han et al. ¹³⁵ ; Del Beccaro et al. ⁸¹	
Krankenhausrelevante Endpunkte		
Zufriedenheit der Belegschaft	Chedoe et al. ⁵⁷ ; Lindenauer et al. ¹⁹⁵ ; Poon et al. ²⁵⁴ ; Kuperman und Gibson ¹⁸⁶	
Kommunikation zwischen Mitgliedern des Behandlungsteams	Potts et al. ²⁵⁵ ; Han et al. ¹³⁵ ; Kozer et al. ¹⁷⁹	
Kostenrelevante Endpunkte		
Gesamtkosten pro Krankenhausaufnahme	Mekhjian et al. ²¹⁰	
Arzneimittelkosten	Kaushal et al. ¹⁶³	
Dauer von Arbeitsschritten	Mekhjian et al. ²¹⁰ ; Ash et al. ²⁰ ; Institut of Medicine ¹⁴⁹ ; Schiff et al. ²⁷⁷ ; Vardi et al. ³³⁰ ; Han et al. ¹³⁵ ; Miller ²¹⁶ ; Manzo et al. ²⁰⁰ ; Berger et al. ³⁷	
Dauer der Hospitalisierung	Rothschild ²⁷¹ ; Ross und Banchy ²⁶⁹ ; Mekhjian et al. ²¹⁰	

UAE = Unerwünschtes Arzneimittelereignis.

Quelle: ÖBIG-FP-eigene Darstellung

Alle im vorliegenden Bericht eingeschlossenen bewerteten Übersichtsarbeiten evaluieren den Einfluss von CPOE-Systemen auf die Medikationsfehlerrate und berichten von einer Reduktion der Fehlerate^{57, 164, 265, 271}. Dazu ist zu bemerken, dass v. a. die älteren Studien mehrfach in den Übersichtsarbeiten enthalten sind (z. B. werden die Studien von Bates et al.^{31, 32} aus den Jahren 1998 und 1999 von drei der vier oben angeführten Übersichtsarbeiten zitiert). Überdies sind die Qualität und die Transparenz der Arbeiten zum Teil mangelhaft^{57, 265}. Auch die eingeschlossenen bewerteten Primärstudien berichten von einer Reduktion der Medikationsverordnungsfehlerrate durch die Verwendung von CPOE-Systemen^{67, 199, 237, 253}. Auch hier sind die Qualität und die Transparenz der Studien sehr unterschiedlich. Die qualitativ hochwertigste ist die Studie von Colpaert et al.⁶⁷. Hinsichtlich Verordnungsfehler in der Medikationsverordnung wird von einer Reduktion von bis zu 95,9 % berichtet²⁵⁵. Auch Colpaert et al.⁶⁷ betonen, dass CPOE-Systeme das Potenzial haben, geringfügige Verordnungsfehler fast vollständig zu eliminieren, da die Vollständigkeit und Lesbarkeit von Verordnungen im CPOE-System gewährleistet sind.

Wird die Rate von UAE betrachtet, sind die Ergebnisse nicht mehr so eindeutig. Colpaert et al.⁶⁷ berichten von einer signifikanten Reduktion der vermiedenen potenziellen UAE und der Rate an UAE. In Potts et al.²⁵⁵ ist die Reduktion potenzieller UAE durch CPOE-Systeme nicht signifikant. Die Autoren erklären dies mit den fehlenden Entscheidungshilfen für Dosierung und Verabreichungsintervall, die am häufigsten inkorrekt waren. Auch in den vielzitierten Studien von Bates et al.^{31, 32} ist die Reduktion der Rate an vermeidbaren UAE nicht-signifikant. In der zweiten Studie³² kommt es anfänglich sogar zu einem Anstieg vermeidbarer UAE. Auch in einer nach dem Suchzeitraum des vorliegenden HTA-Berichts publizierten systematischen Übersichtsarbeit wird zwar

davon berichtet, dass CPOE-Systeme die Medikationsfehlerrate reduzieren können; allerdings wird darauf hingewiesen, dass die Studien keine Veränderungen der UAE-Raten feststellen konnten¹⁰¹.

Eine weitere mögliche Auswirkung der Verwendung von CPOE-Systemen ist, dass das Befolgen von Richtlinien verbessert werden kann¹⁴⁹ (Starmer et al. 2000, zitiert in Institute of Medicine¹⁴⁹; Overhage et al. 1996 und Overhage et al. 1997, zitiert in Rothschild²⁷¹). Auch in Mahoney et al.¹⁹⁹ beobachten die beteiligten Ärzte eine Verbesserung bei der Einhaltung von Leitlinien.

Mehrere Studien berichten von einer Verbesserung der Patientenbetreuung (z. B. frühere Entfernung unnötiger Katheter; angemessene Verwendung von Thromboseprophylaxe) durch Hinweise des CPOE-Systems, allerdings kann keine Verbesserung der Behandlungsergebnisse gezeigt werden (wie z. B. weniger Harnwegsinfektionen oder Thrombosen²⁷¹).

Eine der meist zitierten Studien zu negativen Effekten von CPOE-Systemen ist die Studie von Han et al.¹³⁵. Hier kommt es nach Implementierung eines CPOE-Systems in einem Kinderkrankenhaus zu einem signifikanten Anstieg der Mortalität (von 2,8 % auf 6,6 %, $p < 0,001$). Es werden Verzögerungen bei der Verabreichung von zeitkritischen Medikamenten, verminderte direkte Kommunikation zwischen Ärzten und Pflegepersonal sowie technische Probleme mit dem Netzwerk beschrieben. Außerdem wurde festgestellt, dass die Ärzte weniger Zeit am Krankenbett verbrachten, da sie mit der Eingabe von Daten in den Computer beschäftigt waren¹³⁵. Spätere Studien weisen darauf hin, dass der Beobachtungszeitraum bei Han et al.¹³⁵ nach Implementierung des CPOE-Systems relativ kurz war und die Beobachtungszeiträume vor und nach der Implementierung nicht in derselben Jahreszeit lagen^{6, 57}. Dies kann eine saisonale Variabilität von Erkrankungen widerspiegeln. Ammenwerth et al.⁶ weisen zusätzlich auf den problembeladenen Implementierungsprozess (z. B. wurde das CPOE-System innerhalb von sechs Tagen im gesamten Krankenhaus implementiert) des CPOE-Systems bei Han et al.¹³⁵ hin. Unter Verwendung des identen CPOE-Systems führten Del Beccaro et al.⁸¹ eine mit Han et al.¹³⁵ vergleichbare Studie durch und konnten nach Implementierung keine Erhöhung der Mortalität feststellen. Allerdings wird in Ammenwerth et al.⁶ darauf hingewiesen, dass die Studie von Del Beccaro et al.⁸¹ keine Replikation der Studie von Han et al.¹³⁵ darstellt und deshalb ihre Resultate nicht widerlegt.

Die Zufriedenheit der Ärzte hängt vor allem auf Intensiv- und Notfallstationen stark davon ab, wie schnell Testergebnisse zur Verfügung stehen, da diese die Diagnose und Behandlung beeinflussen und Verzögerungen in der Kommunikation kritischer Laborergebnisse zum behandelnden Arzt den Zeitpunkt des Behandlungsbeginns negativ beeinflussen¹²². Chedoe et al.⁵⁷ berichten von einer Studie zur Mitarbeiterzufriedenheit mit einem CPOE-System. Darin gibt ein Großteil der Belegschaft an, dass die Medikationssicherheit durch das CPOE-System verbessert wurde (87 % [$n = 20$]) und sie sich in Bezug auf die Medikation bei der Betreuung der Patienten wohler fühlen (65 % [$n = 15$]). Nur 30 % ($n = 7$) glauben, dass pharmazeutische Dienstleistungen schneller ablaufen⁵⁷. In einer Umfrage unter Ärzten kommen Lindenauer et al.¹⁹⁵ zu ähnlichen Ergebnissen: 34 % glauben, dass die Eingabe von Verordnungen über das CPOE-System schneller abläuft, 41 % meinen, dass Verordnungen, die über das CPOE-System eingegeben werden, schneller durchgeführt werden, 63 % glauben, dass die Verwendung von CPOE-Systemen zu einer Reduktion von Medikationsfehlern führt. Andere Studien kommen zu gegenteiligen Erkenntnissen: So weisen Poon et al.²⁵⁴ darauf hin, dass Widerstand aus der Ärzteschaft als einer der Hauptgründe genannt wird, die einer erfolgreichen Implementierung von CPOE-Systemen entgegenstehen. Dies könnte daran liegen, dass die Auffassung verbreitet ist, die Verwendung von CPOE-Systemen beeinflusse Arbeitsabläufe negativ²⁵⁴, sei zeitaufwändig und unflexibel^{186, 254}, und dass einige Studien zu dem Ergebnis kommen, die Eingabe einer elektronischen Verordnung dauere auch wirklich länger als eine handschriftlich verfasste^{37, 200}.

Potts et al.²⁵⁵ berichten, dass in ihrer Studie ein Hauptnutzen des CPOE-Systems die verbesserte Kommunikation innerhalb des Gesundheitspersonals war. Andere Autoren weisen jedoch auf die Gefahr hin, dass wichtige Diskussionen im Behandlungsteam unterbleiben, da jeder annimmt, dass der andere bereits vom System informiert ist¹⁷⁹.

Nur eine Studie erhebt die Gesamtkosten (pro Patient bzw. Krankenhausaufnahme) als Endpunkt²¹⁰. Sie findet zwar teilweise signifikante Schwankungen für einzelne der betrachteten Krankenhausabteilungen, jedoch insgesamt keine signifikante Änderung. Insgesamt verringerte Arzneimittelkosten werden bei Kaushal et al.¹⁶³ berichtet.

Hinsichtlich von Zeiteinsparungen für Ärzte gibt es widersprüchliche Aussagen. Ash et al.²⁰ stellen fest, dass Ärzte generell die Vorteile des Systems (z. B. CDSS) schätzen, sich jedoch über den Mehraufwand an Zeit, die die Eingabe von Verordnungen im CPOE-System bewirkt, beschweren. Andere Studien berichten von einer Zeitersparnis bei der Eingabe von Verordnungen¹⁴⁹.

In zwei Studien konnte die Dauer des Medikationsprozesses bei Verwendung von CPOE-Systemen um 64 %²¹⁰ bzw. 67 %²¹⁶ signifikant reduziert werden.

Die Dauer der Hospitalisierung (Krankenhausverweildauer) kann zum Teil verringert werden, meistens hat jedoch die Verwendung von CPOE-Systemen darauf keinen Einfluss^{210, 271}. In einer Fallstudie wird von einer signifikanten Reduktion der Hospitalisierungsdauer durch das CPOE-System berichtet²⁶⁹.

Die (positive) Korrelation zwischen der Anzahl der verschriebenen Medikamente und dem Auftreten von Verordnungsfehlern wird in zwei Studien untersucht; sie kann bei Verwendung eines CPOE-Systems nicht mehr nachgewiesen werden^{67, 237}.

Generalisierbarkeit der Ergebnisse

Mehrere Autoren stellen fest, dass es große Unterschiede in den untersuchten CPOE-Systemen gibt und die Ergebnisse daher nicht generalisierbar sind^{265, 271}. Oren et al.²³⁹ berichten, dass alle der von ihnen evaluierten Studien (insgesamt elf) intern entwickelte CPOE-Systeme betreffen, der Großteil der Studien (neun von elf) an nur zwei Institutionen durchgeführt wurde und die Übertragbarkeit dieser Systeme von einem Krankenhaus in das nächste noch nicht genau evaluiert worden ist. Classen et al.⁶² betonen zusätzlich, dass diese Systeme nicht nur über lange Jahre intern entwickelt und implementiert worden sind, sondern auch fast ausschließlich an Universitätskliniken verwendet werden und es kaum Erfahrungen zum Einsatz dieser CPOE-Systeme an kleinen Krankenhäusern gibt. Zusätzlich wurden die Systeme nicht mit einer einheitlichen Methodik evaluiert⁶². Auch die systematische Übersichtsarbeit von Eslami et al.¹⁰¹ weist auf dieses Fehlen einer einheitlichen Evaluierung der CPOE-Systeme hin.

Die Problematik des Vergleichs verschiedener Systeme betrifft nicht nur CPOE-Systeme, sondern auch CDSS. Selbst die Einteilung von CDSS in einfache und hoch entwickelte Systeme erfolgt nicht einheitlich^{164, 185, 265}, zusätzlich fehlen meistens genaue Angaben darüber, welche Möglichkeiten der Entscheidungshilfen das verwendete CDSS bietet. Auch Niés et al.²³³ weisen darauf hin, dass die Evaluierung von CDSS durch die Heterogenität der Studien und unvollständige Beschreibung des verwendeten CDSS schwierig sei; auch die fehlende Generalisierbarkeit der Ergebnisse aufgrund der eingeschränkten Settings, in denen die CDSS untersucht wurden, wird angesprochen²⁸⁸.

6.6.2 Erfolgsfaktoren für die CPOE-Implementierung

Neben den Grundvoraussetzungen einer erfolgreichen Implementierung eines CPOE-Systems, wie Auswahl und Anpassung des CPOE-Systems, finanzielle und technische Ressourcen, Mitarbeiterführung etc. (siehe 6.2, Wissenschaftlicher Hintergrund), sind weitere Faktoren für die tatsächlich erfolgreiche Umsetzung relevant.

Regelmäßige Überprüfung

Mehrere Autoren betonen, dass durch die Verwendung von CPOE-Systemen auch neue Fehler generiert werden können^{32, 57, 164, 335}. So kann es z. B. zur Wahl eines falschen Produktes kommen, wenn mehrere Dosierungsstärken eines Medikaments zur Auswahl stehen³³⁵ (Lucas 2004, zitiert in Chedoe et al. 2003⁵⁷); auch inkorrekte Vorschläge zu Standarddosierungen oder Verabreichungsformen können zu fehlerhaften Verordnungen führen¹⁶⁴. So zeigte eine der ersten Studien zu CPOE-Systemen in den USA einen anfänglichen Anstieg der abgewendeten potenziellen UAE, weil das System erlaubte, hohe Dosen intravenöses Kalium zu verschreiben³². Der Fehler wurde erkannt und konnte behoben werden. Auch bei Han et al.¹³⁵ kommt es durch falsche Standardeinstellungen im System zu falschen Intervallen bei der Antibiotikaverabreichung oder zur automatischen Beendigung einer Antibiotikabehandlung. Eslami et al.¹⁰² warnen ebenfalls vor patientenunspezifischen Standarddosiseinstellungen im System, da diese z. B. bei Patienten mit Niereninsuffizienz zu Medikationsfehlern und potenziellen UAE führen können. In der Studie von Colpaert et al.⁶⁷ kommt es in der Station mit einem CPOE-System vermehrt zu Doppelverordnungen und Medikationskontrollfehlern. Auch bei Koppel et al.¹⁷⁸ kommt es zu Doppelverordnungen, weil das Ändern oder Neuverordnen

einer Medikation sowie das Absetzen von Verordnungen als unterschiedliche Prozesse definiert waren. Koppel et al.¹⁷⁸ berichten von 22 Situationen, in denen durch die Verwendung von CPOE-Systemen die Wahrscheinlichkeit für Medikationsfehler erhöht wurde: Fehler, die durch Datenfragmentierung und fehlende Integration der verschiedenen IT-Systeme des Krankenhauses entstanden, und solche, die ermöglicht wurden, weil die Regeln des CPOE-Systems nicht mit der Arbeitsorganisation bzw. dem üblichen Verhalten der Benutzer übereinstimmten.

Diese Art von systemimmanenten Fehlern unterstreicht die Wichtigkeit der ständigen Überprüfung von CPOE-/CDS-Systemen^{37, 62, 67, 172, 265}. Standardeinstellungen und Hinweise des CDSS müssen auf jeden Fall getestet werden, vor allem da die Benutzer die Vorschläge des Systems eher unreflektiert akzeptieren, je länger sie das CPOE-System verwenden¹⁶⁴.

Vernetzung mit anderen Krankenhaussystemen

Eine weitere Fehlerquelle ist die Nichtvernetzung des CPOE-Systems mit dem computergestützten Apothekensystem, da dann die Verordnungen manuell in das Apothekensystem übertragen werden müssen und es zu Transkriptionsfehlern kommen kann^{7, 164}. Ein Ausfall der Hardware oder Instabilität der Software bergen zusätzliche Risiken¹⁶⁴. Auch Schiff et al.²⁷⁷ betonen die Wichtigkeit der Vernetzung des CPOE-Systems mit dem Apotheken- und Laborsystem des Krankenhauses.

Benutzerfreundlichkeit und begleitendes Training

Auch kann selbst bei Verwendung von CPOE-Systemen eine Verordnung versehentlich in die falsche Patientenakte eintragen werden¹⁶⁴. Fehlendes Wissen über Medikamente und hinsichtlich der Eingabe bestimmter Medikationen sowie eine allgemein mangelnde Vertrautheit mit dem System können gerade bei ungeübten Benutzern von CPOE-Systemen zu Fehlern führen^{7, 335}. Dies betont die Wichtigkeit von Schulungen in Bezug auf Medikation als effektive Qualitätssicherungsmaßnahme^{7, 248, 326}, von ausreichendem Training der Benutzer vor und von Unterstützung während der Implementierung eines CPOE-Systems^{14, 157, 182, 193, 200, 285}.

Verschiedene Autoren berichten, dass auf einen Großteil der Warnungen (zwischen 32 und 96 %) im CPOE-System von Ärzten nicht eingegangen wird^{119, 171, 237, 248, 265, 329}. Die Effizienz des CPOE-Systems mit CDSS in der Fehlerreduktion wird dadurch stark eingeschränkt^{119, 199, 237}. Um dies zu verhindern, muss der Auslöser für Warnungen entsprechend sensitiv¹⁶⁴ und die Warnung selbst spezifisch sein¹⁹⁹. Werden die Benutzer mit irrelevanten Warnungen überschwemmt, kann es dazu kommen, dass selbst wichtige Warnungen ignoriert werden^{127, 145, 152, 185, 329}. Oliven et al.²³⁷ führen das Verhalten von Ärzten, Warnungen des Systems zu möglichen Medikationswechselwirkungen zu ignorieren, auf einen Informationsmangel bezüglich der Risiken solcher Wechselwirkungen zurück. Auch Galanter et al.¹¹⁹ berichten, dass die Compliance mit Warnungen mit zunehmender Erfahrung der Ärzte steigt.

Vollständige Erfassung der Patientendaten

Sind Patientendaten nur unvollständig vorhanden (entweder weil der Patient z. B. Allergien oder Medikamente, die er regelmäßig einnimmt, nicht angegeben hat, oder weil die Daten nicht vollständig elektronisch verfügbar gemacht wurden), kann das System keine Warnungen erstellen^{7, 237}. Jayawardena et al.¹⁵² betonen die Wichtigkeit einer umfassenden, vollständigen Aufnahme-Anamnese, um Informationen zu Medikamenten, die der Patient regelmäßig einnimmt, und zu möglichen Allergien zu erhalten. Sie schlagen eine Schulung des Betreuungsteams hinsichtlich Kommunikation mit den Patienten vor¹⁵².

Regelmäßige Überprüfung der Medikation hinsichtlich aktueller Laborwerte

Ein weiteres mögliches Problem ist, dass Warnungen zu nötigen Dosisanpassungen nur während des Verordnungsprozesses erstellt werden. Dosisanpassungen, die aufgrund neuer Labortestergebnisse erforderlich werden, können dadurch an Tagen, an denen keine Verordnungen getätigt werden, übersehen werden. Eine tägliche, automatische Überprüfung der Medikation hinsichtlich der aktuellen Laborwerte kann dabei Abhilfe schaffen^{237, 277}.

Bedeutung des Fehlermeldesystems

Um Medikationsfehler zu verringern, ist zunächst eine Sammlung von Daten zu Fehlern notwendig, um die Gründe für Fehler zu identifizieren³⁴⁶. Medikationsfehler werden in der Regel über eine (freiwillige) Berichterstattung (incident reporting) entdeckt, mehrere Autoren weisen aber darauf hin,

dass dies nur einen geringen Prozentsatz von Medikationsfehlern abdeckt^{7, 67, 346}. Gründe für diese schlechte Ausbeute sind das Fehlen klarer Definitionen solcher Fehler³⁴⁶ (siehe auch weiter unten) bzw. Angst der berichtenden Personen vor negativen Auswirkungen auf ihre Karriere⁷. Medikationsfehler, die zu keinen Zwischenfällen, d. h. zu UAE führen, werden häufig nicht gemeldet oder gar nicht bemerkt³³⁰. Andererseits kann die Fehlerfindungs- und Fehlermelderfrequenz während eines Implementierungsprozesses von CPOE-Systemen durch das Engagement der Belegschaft stark ansteigen³³⁵. Gerade in Studien mit retrospektiven Datensammlungen bzw. mit einer Kombination von retrospektiver (vor Implementierung) und prospektiver Datenerhebung (nach Implementierung von CPOE-Systemen) kann dies zu einem Bias führen.

Zur Verbesserung des Fehlermeldesystems muss sichergestellt werden, dass die berichtenden Personen keine Angst vor negativen Auswirkungen auf ihre Karriere haben müssen⁷. Außerdem zeigt die Vielzahl von Begriffen, Definitionen und funktionellen Bedeutungen im Bereich von Ereignissen, die mit Medikamenten zusammenhängen, die dringende Notwendigkeit, sich auf eine Standardisierung der Nomenklatur zu einigen³⁴⁶. Diese Begriffsverwirrung wurde laut Yu et al.³⁴⁶ bereits in den 1980er Jahren angesprochen, die Situation hat sich aber seither nicht wesentlich verbessert. So werden zum Teil die Ausdrücke UAE und UAW immer noch synonym verwendet, obgleich unter UAW laut WHO-Definition Ereignisse verstanden werden, die durch korrekt verordnete und verabreichte Medikamente verursacht wurden. UAE aufgrund von Verordnungsfehlern werden hier dezidiert ausgeschlossen.

Um die Ergebnisse verschiedener Studien besser vergleichbar zu machen, wird neben klaren Definitionen für Medikationsfehler, UAE etc. auch eine Übereinkunft dazu gefordert, wie Medikationsfehler gemessen und die (potenziellen) Auswirkungen dieser Fehler festgestellt werden können^{57, 67, 346}. Gefordert wird außerdem eine Verbesserung und Vereinheitlichung der Berichterstattung zu Medikationsfehlern und UAE⁷.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass ein CPOE-System eine bedeutende Investition darstellt, die große Auswirkungen auf die Organisationskultur und die klinischen Arbeitsabläufe hat. Es muss mit bereits vorhandenen Systemen (z. B. im Bereich Verrechnung, Labor, Pharmazie) zusammenarbeiten^{164, 239}, und die Implementierung sowie die Verwendung müssen auf die Erfordernisse der spezifischen klinischen Prozesse abgestimmt werden¹⁷².

Ash et al.²⁰ weisen darauf hin, dass die Implementierung eines CPOE-Systems nicht einfach ist und seine Vor- und Nachteile gegeneinander abgewogen werden müssen. Zusätzlich werden Mechanismen benötigt, mit denen unbeabsichtigte Konsequenzen (z. B. Fehler, die durch die Konfiguration des CPOE-Systems entstehen) bewältigt werden können²⁰. Die erfolgreiche Implementierung hängt laut Ash et al.²⁰ stark von einer Organisationskultur von Zusammenarbeit und Vertrauen ab, soziologische und politische Faktoren haben dabei mehr Bedeutung als technische und der Implementierungsprozess ist wichtiger als das System selbst. Das heißt, selbst ein ausgereiftes System kann scheitern, wenn der Implementierungsprozess nicht sorgfältig geplant und durchgeführt wird sowie die notwendigen Voraussetzungen für eine erfolgreiche Implementierung nicht geschaffen werden (siehe auch 6.2, Wissenschaftlicher Hintergrund bzw. 6.5.7, Soziale (und ethische) Aspekte)⁶. Als Erfolgsfaktoren werden die Fähigkeiten des Managements, der Planer und Implementierer in Fragen des Prozess-Redesigns und Change-Managements genannt. Dies beginnt in der Kommunikation von Änderungen, die Auswirkungen auf etablierte Prozesse oder die Beziehungen zwischen Akteuren (z. B. Abteilungen) haben. In diesem Zusammenhang wird auch betont, dass für eine sichere und erfolgreiche Implementierung eines CPOE-Systems die Antizipation möglicher Probleme, die Entwicklung von Protokollen und Verordnungssets, ein klares Bekenntnis der gesamten Belegschaft zur Implementierung und eine klare, rasche, direkte Kommunikation zwischen klinischen Pharmazeuten und den CPOE-System-Benutzer- und -Betreuersteams unumgänglich ist^{172, 335}. Nach Implementierung ist eine kontinuierliche, objektive Evaluierung des neu installierten Systems sowie die Korrektur von auftretenden Problemen entscheidend^{37, 67, 144, 172, 178, 265}. Auch für die Wartung des Systems und ggf. nötige Aktualisierungen der Daten ist zu sorgen.

6.6.3 Kosten-Effektivität von CPOE-Systemen

Zur Kosten-Effektivität konnten lediglich vier Studien identifiziert werden, zwei davon von sehr mangelhafter Qualität und Transparenz^{163, 279}. Aber auch bei ausreichender interner Validität sind Studienergebnisse, die sich auf ein bestimmtes Krankenhaus beziehen, wie oben schon erwähnt, nur beschränkt generalisierbar, da Krankenhausgröße und -typ, Fragen der technischen Ausstattung und der Organisationskultur sowie genauer Umfang und Eigenschaften des eingeführten Systems sowohl auf Nutzen- als auch auf Kostenseite eine Rolle spielen²⁸⁹. Werden mehrere Maßnahmen gleichzeitig eingeführt (beispielsweise CPOE-Systeme mit Entscheidungsunterstützung, elektronische Dokumentation der Arzneimittelverabreichung, elektronische Befundanforderung, Vernetzung zu anderen Systemen), können die eingetretenen Effekte darüber hinaus nicht mehr zwangsläufig den einzelnen Interventionen bzw. Funktionalitäten zugeordnet werden. Die publizierte Literatur lässt hier keine sicheren Rückschlüsse zu²⁸⁹. Es kann beispielsweise nicht als sicher angesehen werden, dass CPOE-Systeme mit CDSS in jedem Fall höhere Effekte bzw. Kosten-Effektivität erzielen als CPOE-Systeme ohne CDSS⁸. Auch zum Vergleich zwischen CPOE-Systemen und weiteren Alternativen der Medikationsfehlervermeidung, z. B. Personalaufstockung, lässt sich anhand der Literatur wenig sagen.

Für die in der Literatur nicht beantwortete Frage der Kosten-Effektivität von CPOE-Systemen aus Sicht des Gesundheitssystems bzw. vom volkswirtschaftlichen Standpunkt muss berücksichtigt werden, wie Kosten und Nutzen insgesamt verteilt sind. Werden Anschaffungs- und laufende Kosten der Systeme vom Krankenhaus getragen und kann das Krankenhaus hierbei (längerfristig) Nettoersparnisse erzielen, so sind im Kontext des Gesundheitswesens bzw. im volkswirtschaftlichen Kontext aus einer Reduktion der UAE-Rate primär zusätzliche positive Effekte zu erwarten, z. B. verringerte Behandlungskosten in anderen Sektoren, erhöhte Arbeitsproduktivität oder bessere Lebensqualität bei Reduktion bleibender Behinderungen. Allerdings handelt es sich um eine Intervention, die nicht am einzelnen Patienten durchgeführt wird, sondern für ein ganzes Krankenhaus, und die Folgewirkungen in unterschiedlichsten medizinischen Bereichen und für unterschiedlichste Patientengruppen hat. Eine das gesamte Gesundheitssystem, geschweige denn die gesamte Volkswirtschaft betreffende Analyse von Kosten und Wirksamkeit der Einführung von CPOE-Systemen wäre dadurch mit einer hohen Anzahl an Annahmen und entsprechend hoher Unsicherheit belegt.

6.6.4 Beantwortung der Forschungsfragen

Als geeignete Zielgrößen zur Bewertung der Effektivität von CPOE-Systemen werden UAE-Rate bzw. Morbidität und Mortalität betrachtet. Da es an Studien, die diese Parameter untersuchen, mangelt, wird als Surrogatparameter die Medikationsfehlerrate herangezogen. Hinsichtlich der Auswirkungen von CPOE-Systemen in Bezug auf diese Zielgröße kommen sowohl die qualitativ besten Arbeiten als auch die qualitativ mangelhaften Studien zu dem Schluss, dass CPOE-/CDS-Systeme in der Lage sind, die Medikationsfehlerrate bei der Verordnung von Arzneimitteln zu verringern. Inwieweit die klinisch relevantere (vgl. 6.6.1, Effektivität von CPOE-Systemen) UAE-Rate oder die Mortalität durch CPOE-Systeme bzw. durch eine Reduktion von Verordnungsfehlern beeinflusst wird, kann bei der vorliegenden Datenlage nicht schlüssig beurteilt werden. Neben den Auswirkungen auf Medikationsfehler können CPOE-Systeme auch die Einhaltung von Richtlinien, Kommunikation, Patientenbetreuung und Zufriedenheit der Belegschaft positiv beeinflussen. Auch eine nach dem Suchzeitraum publizierte systematische Übersichtsarbeit¹⁰¹ kommt zu diesem Schluss.

Hinsichtlich der Kosten-Nutzen-Relation aus Krankenhaussicht kommen die zwei qualitativ besten ökonomischen Studien zu widersprüchlichen Ergebnissen. Von einer positiven Kosten-Nutzen-Relation für das einzelne Krankenhaus kann deshalb nicht sicher ausgegangen werden, insbesondere da die Ergebnisse nicht generalisierbar sind. Aus Sicht des Gesundheitssystems bzw. aus volkswirtschaftlicher Perspektive sind – vorausgesetzt, es kommt zu einer UAE-Reduktion – jedoch zusätzliche positive Auswirkungen, etwa die erhöhte Lebensqualität, zu berücksichtigen. Hierzu gibt es in der Literatur keine quantitativen Untersuchungen.

Die Literatur zu sozialen Aspekten thematisiert im Spannungsfeld Technik und Mensch Veränderungsprozesse, die aus der Einführung von CPOE-Systemen erwachsen. Die Auswirkungen dieser Veränderungen, z. B. die durch einen Softwareeinsatz zunehmende Formalisierung von Arbeits-

prozessen oder die Veränderung von (Prozess-)Verantwortlichkeiten für die beteiligten Akteure, haben beträchtlichen Einfluss auf die Akzeptanz dieser Systeme. Erfahrungen aus Einrichtungen, in denen die Einführung von CPOE-Systemen weniger erfolgreich verlief, haben gezeigt, dass die Berücksichtigung des sozioorganisationalen Kontexts (gegenüber dem technischen Kontext) von zum Teil unterschätzter Bedeutung war.

6.7 Schlussfolgerung/Empfehlung

Wird die Implementierung eines CPOE-/CDS-Systems sorgfältig geplant und durchgeführt und das System an die Bedürfnisse der Institution angepasst und fortlaufend überwacht, damit auftretende Systemfehler umgehend bereinigt werden können, kann die Medikationsverordnungsfehlerrate durch die Verwendung von CPOE-Systemen zur Arzneimittelverordnung deutlich gesenkt werden. Allerdings ist nicht klar, inwieweit diese Reduktion der Medikationsfehlerrate eine Reduktion von UAE bewirkt. Kaushal et al.¹⁶⁴ weisen darauf hin, dass die wenigsten Studien klinische Endpunkte wie Morbidität oder Mortalität evaluieren und dass der Einfluss der durch CPOE-Systeme reduzierten Medikationsfehlerraten auf die UAE-Raten durch das Fehlen von Studien mit ausreichender Teststärke unklar ist. Der Mangel an RCT zu CPOE-Systemen mit CDSS mit genügender Teststärke wird von mehreren Autoren erwähnt^{122, 164, 271}. Wenngleich laut Kaushal et al.¹⁶⁴ eine starke Korrelation zwischen Medikationsfehler- und UAE-Rate besteht, variiert das Potenzial von Medikationsfehlern, negative Auswirkungen auf einen Patienten zu zeitigen, stark. Fehler, die selten negative Auswirkungen auf den Patienten nach sich ziehen, scheinen am einfachsten zu vermeiden zu sein¹⁶⁴. Karnon et al.¹⁶⁰ gehen in ihrem Modell für das UK (in einem Krankenhaus mit 400 Betten) von einer Reduktion der jährlichen Anzahl an vermeidbaren UAE durch CPOE-Systeme von 200 bis 700 auf 100 bis 500 aus.

Des Weiteren fehlen klare Definitionen für Medikationsfehler, UAE etc. sowie eine Übereinkunft dazu, wie Medikationsfehlerraten gemessen, wie darüber berichtet und wie potenzielle Auswirkungen dieser Fehler festgestellt werden können^{7, 57, 67, 346}.

Es werden deshalb industrieunabhängige prospektive, systematische Multizentren-Evaluierungsstudien mit klarer Methodik gefordert, die eine Analyse und Bewertung der Benutzerfreundlichkeit und sozialer bzw. technischer Aspekte einschließen sowie Studien, die den Einfluss eines CPOE-Systems auf die UAE-Rate (und die Mortalität) untersuchen^{6, 37, 164}. Dabei muss eine genaue Beschreibung des verwendeten Systems und der Funktionalitäten des CDSS sowie des Ausmaßes der Vernetzung mit anderen IT-Systemen gewährleistet sein²³³. Diese Beschreibung muss Informationen zu den unter 6.6.2 (Erfolgsfaktoren für die CPOE-Implementierung) genannten Erfolgsfaktoren enthalten. Desgleichen müssen die relevanten Charakteristika des untersuchten Krankenhauses wie Größe, Typ, Spezialisierung, schon vorhandene technische Ausstattung etc. genannt werden²⁸⁹. Nach Möglichkeit hat immer auch eine Erhebung und transparente Dokumentation der Kosten und Kosteneffekte (kostenrelevante Endpunkte) zu erfolgen. Darüber hinaus sollten Methoden entwickelt werden, die es erlauben, das Ausmaß abzuschätzen, mit dem ein bestimmtes kommerzielles CPOE-System die Medikationsfehlerrate bzw. die Rate an vermeidbaren UAE reduziert¹⁶⁴.

Nach dem Suchzeitraum des vorliegenden Berichts publizierte bzw. in nächster Zukunft neu zu erwartende Studienergebnisse^{5, 101}, die sich auf Deutschland bzw. auf Europa beziehen, machen kurzfristige Updates zu dieser Fragestellung möglicherweise erforderlich.

Eine quantitative Abschätzung der volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Einführung von CPOE-Systemen an (allen) Krankenhäusern in Deutschland erscheint derzeit gewagt: Die bisherigen Ergebnisse in der Literatur sind in Hinblick auf die relevanten Endpunkte nur begrenzt aussagekräftig, erlauben selten eine klare Zuordnung zu einzelnen Teilmaßnahmen und Funktionalitäten der Systeme geschweige denn eine Aussage zu Vergleichsalternativen; Rückschlüsse auf einen anderen Kontext sind nur bei höchster Transparenz der Darstellung möglich. Strukturierte Interviews an einer Auswahl von Krankenhäusern mit und ohne CPOE-System bzw. mit alternativen Maßnahmen zur Medikationsfehlerreduktion könnten wichtige Inputs liefern bzw. helfen, den weiteren Forschungsbedarf einzuschätzen.

7 Literaturverzeichnis

1. Aarts J, Ash JS, Berg M. Extending the Understanding of computerized physician order entry: Implications for professional collaboration, workflow and quality of care. *International Journal of Medical Informatics* 2006; 1-10.
2. Aarts J, MSc, Doorewaard H, PHD, Berg M, MA, MD. Understanding Implementation: The Case of a Computerized Physician Order Entry System in a Large Dutch University Medical Center. *Journal of American Medical Informatics Association* 2004; 11: 207-216.
3. Achtmeyer CE, Payne TH, Anawalt BD. Computer order entry system decreased use of sliding scale insulin regimens. *Methods of Information in Medicine* 2002; 41(4): 277-281.
4. Ali NA, Mekhjian HS, Kuehn PL, Bentley TD, Kumar R, Ferketich AK, Hoffmann SP. Specificity of computerized physician order entry has a significant effect on the efficiency of workflow for critically ill patients. *Critical Care Medicine* 2005; 33(1): 110-114.
5. Ammenwerth E. The effect of CPOE on medication errors and adverse drug events - a meta-analysis.
www.egms.de (31.03.2008).
6. Ammenwerth E, Talmon J, Ash JS, Bates DW, Beuscart-Zépher MC, Duhamel A, Elkin PL, Gardner RM, Geissbuhler A. Impact of CPOE on mortality rates--contradictory findings, important messages. *Methods of Information in Medicine* 2006; 45(6): 586-593.
7. Anderson JG. A framework for considering business models. *Studies in Health Technology and Informatics* 2003; 92: 3-11.
8. Anderson JG, Jay SJ, Anderson M, Hunt TJ. Evaluating the capability of information technology to prevent adverse drug events: A computer simulation approach. *Journal of the American Medical Informatics Association* 2002; 9(N5): 479-490.
9. Anton C, Nightingale PG, Adu D, Lipkin G, Ferner RE. Improving prescribing using a rule based prescribing system. *Quality & Safety in Health Care* 2004; 13(3): 186-190.
10. Apkon M, Leonard J, Probst L, DeLizio L, Vitale R. Design of a safer approach to intravenous drug infusions: failure mode effects analysis. *Quality & Safety in Health Care* 2004; 13(4): 265-271.
11. Asaro PV, Sheldahl AL, Char DM. Physician perspective on computerized order-sets with embedded guideline information in a commercial emergency department information system. *AMIA Annual Symposium proceedings/AMIA Symposium. AMIA Symposium* 2005; 6-10.
12. Asaro PV, Sheldahl AL, Char DM. Embedded guideline information without patient specificity in a commercial emergency department computerized order-entry system. *Academic Emergency Medicine* 2006; 13(4): 452-458.
13. Ash JS, Bates DW. Factors and Forces Impacting EHR System Adoption. *American Medical Information Association* 2004; 1-20.
14. Ash JS, Fournier L, Stavri PZ, Dykstra R. Principles for a successful computerized physician order entry implementation. *AMIA Annual Symposium proceedings/AMIA Symposium. AMIA Symposium* 2003; 36-40.
15. Ash JS, Gorman PN, Lavelle M, Payne TH, Massaro TA, Frantz GL, Lyman J. A Cross-Site Qualitative Study of Physician Order Entry. *American Medical Information Association* 2003; 1-31.
16. Ash JS, Gorman PN, Lavelle M, Stavri PZ, Lyman J, Fournier L, Carpenter J. Perceptions of Physician Order Entry: Results of a Cross-Site Qualitative Study. *Methods of Inf Med* 2003; 42(4): 313-323.
17. Ash JS, Gorman PN, Seshadri V, Hersh WR. Perspective on CPOE and Patient Care. Computerized Physician Order Entry in U.S. Hospitals: Results of a 2002 Survey. *Journal of the American Medical Informatics Association* 2004; 11(2): 95-99.

18. Ash JS, Sittig DF, Dykstra R, Campbell EM, Guappone KP. Exploring the Unintended Consequences of Computerized Physician Order Entry. *Medinfo* 2007; 12: 198-202.
19. Ash JS, Sittig DF, Dykstra R, Guappone KP, Carpenter JD, Seshadri V. Categorizing the unintended sociotechnical consequences of computerized provider order entry. *International Journal of Medical Informatics* 2006; 1-7.
20. Ash JS, Sittig DF, Seshadri V, Dykstra RH, Carpenter JD, Stavri PZ. Adding insight: a qualitative cross-site study of physician order entry. *International Journal of Medical Informatics* 2005; 74(7-8): 623-628.
21. Ash JS, Stavri PZ, Dykstra R, Fournier L. Implementing computerized physician order entry: the importance of special people. *International Journal of Medical Informatics* 2002; 69: 235-250.
22. Ash JS, Stavri PZ, Dykstra R, Fournier L. Implementing computerized physician order entry: the importance of special people. *International Journal of Medical Informatics* 2003; 69: 235-250.
23. Ash JS, Stavri PZ, Kuperman GJ. A consensus statement on considerations for a successful CPOE implementation. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA* 2003; 10(3): 229-234.
24. Awaya T, Ohtaki K, Yamada T, Yamamoto K, Miyoshi T, Itagaki Y, Tasaki Y, Hayase N, Matsubara K. Automation in drug inventory management saves personnel time and budget. *Yakugaku Zasshi: Journal of the Pharmaceutical Society of Japan* 2005; 125(5): 427-432.
25. Baldauf-Sobez W, Bergstrom M, Meisner K, Ahmad A, Häggström M. Wie Computersysteme die Medikation und ärztliche Leistungsanforderung unterstützen und Fehler verhindern. *Electromedia* 2003; 71(1): 2-10.
26. Ball MJ, Douglas JV. Redefining and improving patient safety. *Methods of Information in Medicine* 2002; 41(4): 271-276.
27. Ball MJ, Garets DE, Handler TJ. Leveraging information technology towards enhancing patient care and a culture of safety in the US. *Methods of Information in Medicine* 2003; 42(5): 503-508.
28. Barrett K, Watson A. Physician perspectives on a pilot prescription monitoring program. *Journal of Pain & Palliative Care Pharmacotherapy* 2005; 19(3): 5-13.
29. Bates DW. Preventing medication errors: a summary. *American Journal of Health-System Pharmacy* 2007; 64(14 Suppl 9): S3-S9.
30. Bates DW, Gawande AA. Patient safety: Improving safety with information technology. *New England Journal of Medicine* 2003; 348(N25): 2526-2534.
31. Bates DW, Leape LLCDJ, Laird N, Petersen.L.A. TJM, Burdick EHM, Kleefield S, Shea B, Vander Vliet M, Seger DL. Effect of Computerized Physician Order Entry and a Team Intervention on Prevention of Serious Medication. *Journal of the American Medical Association* 1998; 280(15): 1311-1316.
32. Bates DW, Teich JM, Lee J, Seger D, Kuperman GJ, Ma' Luf N, Boyle D, Leape L. The Impact of Computerized Physician Order Entry on Medication error Prevention. *Journal of the American Informatics Association* 1999; 6(4): 313-321.
33. Bauer JC. Why CPOE must become SOP. *Journal of healthcare information management: JHIM* 2004; 18(1): 9-10.
34. Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft IVuT. Medizinprodukte. 2005; Merkblatt zur EU-Richtlinie 93/42/EWG: 2-12. München, Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft,Infrastruktur,Verkehr und Technologie. Merkblatt zur EU-Richtlinie 93/42/EWG.
35. Bell DS, Marken RS, Meili RC, Wang CJ, Rosen M, Brook RH. Recommendations for comparing electronic prescribing systems: Results of an expert consensus process. *Health Affairs* 2004; 23(N4): W305-W317.

36. Bell DS, Marken RS, Meili RC, Wang CJ, Rosen M, Brook RH. Recommendations for comparing electronic prescribing systems: results of an expert consensus process. *Health Affairs (Project Hope)* 2004; Suppl Web Exclusives: W4-305.
37. Berger RG, Kichak JP. Computerized physician order entry: helpful or harmful? *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA* 2004; 11(2): 100-103.
38. Berner ES, Houston TK, Ray MN, Allison JJ, Heudebert GR, Chatham WW, Kennedy JI, Jr., Glandon GL, Norton PA, Crawford MA, Maisiak RS. Improving ambulatory prescribing safety with a handheld decision support system: a randomized controlled trial. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA* 2006; 13(2): 171-179.
39. Bertsche T, Kaltschmidt J, Haefeli WE. Elektronische Arzneimittelinformationsmedien. Chancen (v)erkannt? *Deutsches Ärzteblatt* 2006; 103(21): C1177-C1180.
40. Beuscart-Zéphir MC, Pelayo S, Anceaux F, Meaux JJ, Degroisse M, Degoulet P. Impact of CPOE on doctor-nurse cooperation for the medication ordering and administration process. *International Journal of Medical Informatics* 2005; 74(7-8): 629-641.
41. Beuscart-Zéphir MC, Pelayo S, Degoulet P, Anceaux F, Guerlinger S, Meaux JJ. A usability study of CPOE's medication administration functions: impact on physician-nurse cooperation. *Medinfo* 2004; 11(Pt 2): 1018-1022.
42. Bigelow JH, Fonkych K, Girosi F. Technical Executive Summary in Support of "Can Electronic Medical Record Systems Transform Healthcare?" and "Promoting Health Information Technology". *Rand Health* 2005; 1-52.
43. Bigelow JH, Fung C. Avoiding Adverse Drug Events Through Computerized Physician Order Entry. *Rand Health* 2005; 47-60.
44. Birkmeyer CM, Lee J, Bates DW, Birkmeyer JD. Will electronic order entry reduce health care costs? *Effective Clinical Practice* 2002; 5(2): 67-74.
45. Bizovi KE, Beckley BE, McDade MC, Adams AL, Lowe RA, Zechnich AD, Hedges JR. The effect of computer-assisted prescription writing on emergency department prescription errors. *Academic Emergency Medicine* 2002; 9(11): 1168-1175.
46. Bobb AM, Payne TH, Gross PA. Viewpoint: controversies surrounding use of order sets for clinical decision support in computerized provider order entry. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA* 2007; 14(1): 41-47.
47. Bomba D, Land T. The feasibility of implementing an electronic prescribing decision support system: a case study of an Australian public hospital. *Australian Health Review: A Publication of the Australian Hospital Association* 2006; 30(3): 380-388.
48. Buckley MS, Erstad BL, Kopp BJ, Theodorou AA, Prestley G. Direct observation approach for detecting medication errors and adverse drug events in a pediatric intensive care unit. *Pediatric Critical Care Medicine* 2007; 8(N2): 145-152.
49. Bundesministerium der Justiz. Gesetz über Medizin Produkte. 8-2-1994; *Medizinproduktegesetz - MPG*: 1-31. Bundesministerium der Justiz. *Medizinproduktegesetz - MPG*.
50. Butler J, Speroff T, Arbogast PG, Newton M, Waitman LR, Stiles R, Miller RA, Ray W, Griffin MR. Improved compliance with quality measures at hospital discharge with a computerized physician order entry system. *American Heart Journal* 2006; 151(3): 643-653.
51. Cada DJ. Preventing IV medication errors. *Hospital Pharmacy* 2002; 37(11): 1139.
52. Cafiero AC. Reducing medication errors in a long-term care setting. *Annals of Long-Term Care* 2003; 11(2): 29-35.
53. Callen JL, Westbrook JI, Braithwaite J. The effect of physicians' long-term use of CPOE on their test management work practices. *Journal of the American Medical Informatics Association : JAMIA* 2006; 13(6): 643-652.
54. Campbell EM, Sittig DF, Ash JS, Guappone KP, Dykstra RH. In reply to: e-Iatrogenesis: The most critical consequence of CPOE and other HIT. *Journal of the American Medical Informatics Association* 2007; 14(3): 389.

55. Chan W. Increasing the success of physician order entry through human factors engineering. *Journal of Healthcare Information Management* 2002; 16(1): 71-79.
56. Chaudhry B, Wang J. Systematic review: Impact of health information technology on quality, efficiency, and costs of medical care. *Annals of Internal Medicine* 2006; 144(N10): 742-752.
57. Chedoe I, Molendijk HA, Dittrich ST, Jansman FG, Harting JW, Brouwers JR, Taxis K. Incidence and nature of medication errors in neonatal intensive care with strategies to improve safety: a review of the current literature. *Drug Safety* 2007; 30(6): 503-513.
58. Cheng CH, Goldstein MK, Geller E, Levitt RE. The Effects of CPOE on ICU workflow: an observational study. *AMIA Annual Symposium proceedings/AMIA Symposium. AMIA Symposium* 2003; 150-154.
59. Chisolm DJ, McAlearney AS, Veneris S, Fisher D, Holtzlander M, McCoy KS. The role of computerized order sets in pediatric inpatient asthma treatment. *Pediatric Allergy and Immunology: Official Publication of the European Society of Pediatric Allergy and Immunology* 2006; 17(3): 199-206.
60. Christian S, Gyves H, Manji M. Electronic prescribing. *Care of the Critically Ill* 2004; 20(3): 68-71.
61. Clark T. Adopting health care informatics and technologies. *American Journal of Health-System Pharmacy* 2007; 64(2): 145.
62. Classen DC, Avery AJ, Bates DW. Evaluation and certification of computerized provider order entry systems. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA* 2007; 14(1): 48-55.
63. Coiera E, Westbrook J, Wyatt J. The safety and quality of decision support systems. *Methods of Information in Medicine* 2006; 45 Suppl 1: 20-25.
64. Coleman RW. Translation and interpretation: the hidden processes and problems revealed by computerized physician order entry systems. *Journal of Critical Care* 2004; 19(4): 279-282.
65. Collins CD, Pedersen CA, Schneider PJ, Miller AS, Sierawski SJ, Roux RK. Effect on amphotericin B lipid complex use of a clinical decision support system for computerized prescriber order entry. *American Journal of Health-System Pharmacy* 2004; 61(13): 1395-1399.
66. Colombet I, Bura-Rivière A, Chatila R, Chatellier G, Durieux P. Personalized versus non-personalized computerized decision support system to increase therapeutic quality control of oral anticoagulant therapy: an alternating time series analysis. *BMC Health Services Research* 2004; 4(1): 27.
67. Colpaert K, Claus B, Somers A, Vandewoude K, Robays H, Decruyenaere J. Impact of computerized physician order entry on medication prescription errors in the intensive care unit: A controlled cross-sectional trial. *Critical Care* 2006; 10(1).
68. Committee of Experts on Management of Safety and Quality in Health Care, Expert Group on Safe Medication Practices. Glossary of terms related to patient and medication safety. 2005; 1-13. Council of Europe.
69. Committee on Identifying and Prevention Medication Errors, Aspden P, Wolcott J, Bootman JL, Cronenwett LR. Preventing Medical Errors: Quality Chasm Series. www.books.nap.edu (13.06.2008).
70. Cordero L, Kuehn L, Kumar RR, Mekhjian HS. Impact of computerized physician order entry on clinical practice in a newborn intensive care unit. *Journal of Perinatology: Official Journal of the California Perinatal Association* 2004; 24(2): 88-93.
71. Corley ST. Electronic prescribing: a review of costs and benefits (Brief record). *Topics in Health Information Management* 2003; 24(1): 29-38.

72. Cornish PL, Knowles SR, Marchesano R, Tam V, Shadowitz S, Juurlink DN, Etchells EE. Unintended medication discrepancies at the time of hospital admission. *Archives of Internal Medicine* 2005; 165(4): 424-429.
73. Costa AL, de Oliveira MMB, Machado RdO. An information system for drug prescription and distribution in a public hospital. *International Journal of Medical Informatics* 2004; 73(4): 371-381.
74. Crane J, Crane FG. Preventing medication errors in hospitals through a systems approach and technological innovation: a prescription for 2010. *Hospital Topics* 2006; 84(4): 3-8.
75. Crossno CL, Cartwright JA, Hargrove FR. Using CPOE to improve communication, safety, and policy compliance when ordering pediatric chemotherapy. *Hospital Pharmacy* 2007; 42(4): 368-373.
76. Curtis E. Physician order entry goes online. *Journal of American Health Information Management Association* 2005; 76(9): 60-2, 64, 66.
77. Curtiss FR. Clinical, service, and cost outcomes of computerized prescription order entry. *Journal of Managed Care Pharmacy* 2005; 11(4): 353-5, 356.
78. Dalton M. Computers and Patient Safety. *P and T* 2003; 28(11): 694.
79. Davey P. The potential role of computerized decision support systems to improve empirical antibiotic prescribing. *The Journal of antimicrobial chemotherapy* 2006; 58(6): 1105-1106.
80. Debold & Lux. Kommunikationsplattform im Gesundheitswesen. Kosten-Nutzen-Analyse. Neue Versicherungskarte und Elektronisches Rezept. *Secunet Security Networks AG* 2001; 1-256.
81. Del Beccaro MA, Jeffries HE, Eisenberg MA, Harry ED. Computerized provider order entry implementation: no association with increased mortality rates in an intensive care unit. *Pediatrics* 2006; 118(1): 290-295.
82. Dennison RD. Creating an organizational culture for medication safety. *Nursing Clinics of North America* 2005; 40(N1): 1-23.
83. Denny JC, Giuse DA, Jirjis JN. The Vanderbilt experience with electronic health records. *Seminars in Colon and Rectal Surgery* 2005; 16(2): 59-68.
84. Deutscher Bundestag - 16.Wahlperiode. Drucksache 16/6339. 2008; Drucksache 16/6339: 58-59. Deutscher Bundestag - 16.Wahlperiode.
85. Devine EB, Wilson-Norton JL, Lawless NM, Hansen RN, Hazlet TK, Kelly K, Hollingworth W, Blough DK, Sullivan SD. Characterization of prescribing errors in an internal medicine clinic. *American Journal of Health-System Pharmacy* 2007; 64(10): 1062-1070.
86. Dexter PR, Perkins SM, Maharry KS, Jones K, McDonald CJ. Inpatient computer-based standing orders vs physician reminders to increase influenza and pneumococcal vaccination rates: a randomized trial. *Journal of the American Medical Association* 2004; 292(19): 2366-2371.
87. Dietzel GTW. Was versprechen Telemedizin und Ehealth? Telematik-Bausteine für eine integrierte Versorgung - Entwicklungen auf deutscher und europäischer Ebene What do we expect from ehealth and telemedicine? *Telematics for integrated/seamless care - Developments in Germany and Europe. Journal für Kardiologie* 2003; 10(7-8): 314-317.
88. Dimick JB. Organizational characteristics and the quality of surgical care. *Current Opinion in Critical Care* 2005; 11(4): 345-348.
89. Dinning C, Branowicki P, O'Neill JB, Marino BL, Billett A. Chemotherapy error reduction: a multidisciplinary approach to create templated order sets. *Journal of Pediatric Oncology Nursing* 2005; 22(1): 20-30.
90. Donyai P, O'grady K, Jacklin A, Barber N, Franklin BD. The effects of electronic prescribing on the quality of prescribing. *British Journal of Clinical Pharmacology* 2007.

91. Doolan DF, Bates DW. Computerized physician order entry systems in hospitals: mandates and incentives. *Health Affairs (Project Hope)* 2002; 21(4): 180-188.
92. Dormann H, Criegee-Rieck M, Neubert A, Egger T, Geise A, Krebs S, Schneider T, Levy M, Hahn E, Brune K. Lack of awareness of community-acquired adverse drug reactions upon hospital admission: dimensions and consequences of a dilemma. *Drug Safety* 2003; 26(5): 353-362.
93. Dräger JN. Medizinprodukterecht und IT-Systeme - Eine Einführung zu den rechtlichen Anforderungen. *Forum der Medizin_Dokumentation und Medizin_Informatik* 2008; (1/2008): 48-51.
94. Drummond MF, Sculpher MJ, Torrance GW, O'Brien BJ, Stoddart GL: *Methods for the Economic Evaluation of Health Care Programmes*, 3 ed. 2005.
95. Duckworth S, Purkiss R. Electronic prescribing reduces errors and saves time through formulary and prescribing control. *Pharmacy in Practice* 2005; 15(6): 233-240.
96. Edelstein SA. Proposed rules for electronic medical records and E-prescribing: Do they go enough? *Managed Care Interface* 2006; 19(3): 47-51.
97. Edwards DB, Nassberg BM, Kuperman GJ, Gibson RF. Computer Physician Order Entry [4] (multiple letters). *Annals of Internal Medicine* 2004; 140(8): 669-670.
98. Edwards M, Moczygemba J. Reducing medical errors through better documentation. *The Health Care Manager* 2004; 23(4): 329-333.
99. Egger T, Dormann H, Ahne G, Runge U, Neubert A, Criegee-Rieck M, Gassmann KG, Brune K. Identification of adverse drug reactions in geriatric inpatients using a computerised drug database. *Drugs & Aging* 2003; 20(N10): 769-776.
100. Eisenberg F, Barbell AS. Computerized physician order entry: eight steps to optimize physician workflow. *Journal of healthcare information management: JHIM* 2002; 16(1): 16-18.
101. Eslami S, de Keizer NF, Abu-Hanna A. The impact of computerized physician medication order entry in hospitalized patients - a systematic review. *International Journal of Medical Informatics* 2008; 77(6): 365-176.
102. Eslami S, bu-Hanna A, de Keizer NF, de Jonge E. Errors associated with applying decision support by suggesting default doses for aminoglycosides. *Drug Safety* 2006; 29(9): 803-809.
103. Estellat C, Colombet I, Vautier S, Huault-Quentel J, Durieux P, Sabatier B. Impact of pharmacy validation in a computerized physician order entry context. *International Journal for Quality in Health Care* 2007; 19(5): 317-325.
104. Europäisches Parlament und Europäischer Rat. Richtlinie 2007/47/EG. 9-5-2007; Amtsblatt Nr. L247: 21-55. Brüssel, Europäisches Parlament. Amtsblatt Nr. L247.
105. Feldman PH, McDonald M, Rosati RJ, Murtaugh C, Kovner C, Goldberg JD, King L. Exploring the utility of automated drug alerts in home healthcare. *Journal of Healthcare Quality* 2006; 28(1): 29-40.
106. Feldstein A, Simon SR, Schneider J, Krall M, Laferriere D, Smith DH, Sittig DF, Soumerai SB. How to design computerized alerts to safe prescribing practices. *Joint Commission Journal on Quality and Safety* 2004; 30(11): 602-613.
107. Field MH. The perils of CPOE [7]. *Lancet* 2003; 362(9402): 86.
108. First Consulting Group (FCG). *Computerized Physician Order Entry: Costs, Benefits and Challenges. A Case Study Approach*. First Consulting Group 2003; 1-50.
109. Fischer MA, Solomon DH, Teich JM, Avorn J. Conversion from intravenous to oral medications: assessment of a computerized intervention for hospitalized patients. *Archives of Internal Medicine* 2003; 163(21): 2585-2589.

110. Fitzhenry F, Peterson JF, Arrieta M, Waitman LR, Schildcrout JS, Miller RA. Medication Administration Discrepancies Persist Despite Electronic Ordering. *Journal of the American Medical Informatics Association* 2007.
111. Foster RA, Antonelli PJ. Computerized physician-order entry: are we there yet? *Otolaryngologic Clinics of North America* 2002; 35(6): 1237-43, vii.
112. Franklin BD, O'grady K, Donyai P, Jacklin A, Barber N. The impact of a closed-loop electronic prescribing and automated dispensing system on the ward pharmacist's time and activities. *International Journal of Pharmacy Practice* 2007; 15(2): 133-139.
113. Friedman CP, Abbas UL. Is medical informatics a mature science? A review of measurement practice in outcome studies of clinical systems. *International Journal of Medical Informatics* 2003; 261-272.
114. Friessem P, Kalmring D. Solution architecture for the adoption of the patient data card and its applications. *Wirtschaftsinformatik* 2005; 47(N3): 180-186.
115. Frisse ME. Comments on return on investment (ROI) as it applies to clinical systems. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA* 2006; 13(3): 365-367.
116. Fung KW, Vogel LH. Will decision support in medications order entry save money? A return on investment analysis of the case of the Hong Kong hospital authority. *AMIA Annual Symposium proceedings/AMIA Symposium*. AMIA Symposium 2003; 244-254.
117. Gadzhanova S, Iankov II, Warren JR, Stanek J, Misan GM, Baig Z, Ponte L. Developing high-specificity anti-hypertensive alerts by therapeutic state analysis of electronic prescribing records. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA* 2007; 14(1): 100-109.
118. Gajic O, Afessa B. Combining decision making, protocols, and computerized physician order entry: It is the future [14]. *Critical Care Medicine* 2007; 35(2): 680.
119. Galanter WL, Didomenico RJ, Polikaitis A. A Trial of Automated Decision Support Alerts for Contraindicated Medications Using Computerized Physician Order Entry. *Journal of the American Medical Association* 2005; 12(3): 269-274.
120. Galanter WL, Polikaitis A, Didomenico RJ. A trial of automated safety alerts for inpatient digoxin use with computerized physician order entry. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA* 2004; 11(4): 270-277.
121. Georgiou A, Westbrook J, Braithwaite J, Iedema R, Ray S, Forsyth R, Dimos A, Germanos T. When requests become orders--a formative investigation into the impact of a computerized physician order entry system on a pathology laboratory service. *International Journal of Medical Informatics* 2007; 76(8): 583-591.
122. Georgiou A, Williamson M, Westbrook JI, Ray S. The impact of computerised physician order entry systems on pathology services: a systematic review. *International Journal of Medical Informatics* 2007; 76(7): 514-529.
123. Giroso F, Meili R, Scoville R. Extrapolating Evidence of Health Information Technology Savings and Costs. *Rand Health* 2005; 1-94.
124. Glassman PA, Simon B, Belperio P, Lanto A. Improving recognition of drug interactions: benefits and barriers to using automated drug alerts. *Medical Care* 2002; 40(12): 1161-1171.
125. Gorman PN, Lavelle M, Ash JS. Order Creation and Communication in Healthcare. *Methods of Inf Med* 2003; 42(4): 376-384.
126. Goundrey-Smith S. Electronic prescribing - Experience in the UK and system design issues. *Pharmaceutical Journal* 2006; 277(7423): 485-489.
127. Grandt D. Vermeidung von Medikationsfehlern durch elektronische Verordnungsunterstützung. Prevention of medication errors by electronic decision support. *Zeitschrift für Allgemeinmedizin* 2005; 81(8): 341-347.

128. Grandt D, Friebe H, Müller-Oerlinghausen B. Arzneitherapie(un)sicherheit: Notwendige Schritte zur Verbesserung der Patientensicherheit bei medikamentöser Therapie. *Deutsches Ärzteblatt* 2005; 102(8): A-509.
129. Gray MD, Felkey BG. Computerized prescriber order-entry systems: evaluation, selection, and implementation. *American Journal of Health-System Pharmacy* 2004; 61(2): 190-197.
130. Grissinger M. Can you afford to omit CPOE in future strategic plans? *P and T* 2002; 27(9): 434-437.
131. Grisso AG, Wright L, Rosenbloom ST. Expansion of Pharmacokinetic Services Through the Electronic Health Record Using CPOE and Computerized Note Capture Tools. *Hospital Pharmacy* 2004; 39(2): 184-187+192.
132. Gundermann L. Basis für sichere Datenspeicherung. *Deutsches Ärzteblatt* 2008; 105(6): 236-239.
133. Gurwitz JH, Field TS. The incidence of adverse drug events in two large academic long-term care facilities. *American Journal of Medicine* 2005; 118(N3): 251-258.
134. Hagland M. Calculated risks pay off. Mitchell Adams' financial vision steers Massachusetts toward 100 percent CPOE. *Healthcare Informatics: The Business Magazine for Information and Communication Systems* 2006; 23(2): 65-66.
135. Han YY, Carcillo JA, Venkataraman ST, Clark RS, Watson RS, Nguyen TC, Bayir H, Orr RA. Unexpected increased mortality after implementation of a commercially sold computerized physician order entry system. *Pediatrics* 2005; 116(6): 1506-1512.
136. Handler JA, Feied CF, Coonan K, Vozenilek J, Gillam M, Peacock PR, Jr., Sinert R, Smith MS. Computerized physician order entry and online decision support. *Academic Emergency Medicine* 2004; 11(11): 1135-1141.
137. Harris AD, McGregor JC, Perencevich EN, Furuno JP, Zhu J, Peterson DE, Finkelstein J. The use and interpretation of quasi-experimental studies in medical informatics. *Journal of the American Medical Informatics Association* 2006; 13(N1): 16-23.
138. Hartge F, Wetter T, Haefeli WE. A similarity measure for case based reasoning modeling with temporal abstraction based on cross-correlation. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 2006; 81(1): 41-48.
139. Hasman A, Safran C, Takeda H. Quality of health care: informatics foundations. *Methods of Information in Medicine* 2003; 42(5): 509-518.
140. Haugh R, Gearon CJ, Serb C, Carpenter D, Scalise D. Point and click. (If only it was that easy.). *Hospitals & Health Networks / AHA* 2002; 76(1): 36-50.
141. Heffner JE, Brower K, Ellis R, Brown S. Using intranet-based order sets to standardize clinical care and prepare for computerized physician order entry. *Joint Commission Journal on Quality and Safety* 2004; 30(7): 366-376.
142. Hemstreet BA, Stolpman N, Badesch DB, May SK, McCollum M. Potassium and phosphorus repletion in hospitalized patients: implications for clinical practice and the potential use of healthcare information technology to improve prescribing and patient safety. *Current Medical Research and Opinion* 2006; 22(12): 2449-2455.
143. Hillestad R, Bigelow J. Can electronic medical record systems transform health care? Potential health benefits, savings, and costs. *Health Affairs* 2005; 24(N5): 1103-1117.
144. Horsky J, Kaufman DR, Patel VL. Computer-based drug ordering: evaluation of interaction with a decision-support system. *Medinfo* 2004; 11(Pt 2): 1063-1067.
145. Hsieh TC, Kuperman GJ, Jaggi T, Hojnowski-Diaz P, Fiskio J, Williams DH, Bates DW, Gandhi TK. Characteristics and consequences of drug allergy alert overrides in a computerized physician order entry system. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA* 2004; 11(6): 482-491.
146. Hulgan T, Rosenbloom ST, Hargrove F, Talbert DA, Arbogast PG, Bansal P, Miller RA, Kernodle DS. Oral quinolones in hospitalized patients: an evaluation of a computerized decision support intervention. *Journal of Internal Medicine* 2004; 256(4): 349-357.

147. Hwang RW, Herndon JH. The business case for patient safety. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 2007; 457: 21-34.
148. Igboechi CA, Ng CL, Yang CS, Buckner AN. Impact of computerized prescriber order entry on medication errors at an acute tertiary care hospital. *Hospital Pharmacy* 2003; 38(3): 227-231.
149. Institut of Medicine. Key Capabilities of an Electronic Health Record System. Letter Report. 2003; 1-27. The National Academies Press.
150. Institute of Medicine of the National Academies. Preventing Medication Errors. Institut of Medicine 2006; 1-4.
151. Jacobs B. Electronic medical record, error detection, and error reduction: a pediatric critical care perspective. *Pediatrics Critical Care Medicine: A Journal of the Society of Critical Care Medicine and the World Federation of Pediatric Intensive and Critical Care Societies* 2007; 8(2 Suppl): S17-S20.
152. Jayawardena S, Eisdorfer J, Indulkar S, Pal SA, Sooriabalan D, Cucco R. Prescription errors and the impact of computerized prescription order entry system in a community-based hospital. *American Journal of Therapeutics* 2007; 14(4): 336-340.
153. Jellinek SP, Cohen V, Likourezos A, Goldman WM, Lashley EL. Analyzing a health-system's use of unfractionated heparin to ensure optimal anticoagulation. *Journal of Pharmacy Technology* 2005; 21(2): 69-78.
154. Jensen J. The effects of Computerized Provider Order Entry on medication turn-around time: a time-to-first dose study at the Providence Portland Medical Center. *AMIA Annual Symposium proceedings/AMIA Symposium. AMIA Symposium* 2006; 384-388.
155. Jones S, Moss J. Computerized provider order entry: strategies for successful implementation. *The Journal of Nursing Administration* 2006; 36(3): 136-139.
156. Kaiser RH. Einführung von elektronischer Gesundheitskarte, elektronischem Rezept, HPC (Health Professional Card) und anderen Telematikanwendungen im Gesundheitswesen Introduction of the electronic health card, electronic prescription, health professional card, and other telematic applications. *Onkologie* 2004; 10(11): 1247-1249.
157. Kaldy J. How quality care rises from confusion and controversy. *Consultant Pharmacist* 2004; 19(8): 697-712.
158. Kane-Gill S, Weber RJ. Principles and practices of medication safety in the ICU. *Critical Care Clinics* 2006; 22(N2): 273-290.
159. Kaplan B, Shaw NT. Future directions in evaluation research: People, organizational, and social issues. *Methods of Information in Medicine* 2004; 43(N3): 215-231.
160. Karnon J, McIntosh A, Dean J, Bath P, Hutchinson A, Oakley J, Thomas N, Pratt P, Freeman-Parry L, Karsh BT, Gandhi T, Tappenden P. A prospective hazard and improvement analytic approach to predicting the effectiveness of medication error interventions. *Safety Science* 2007; 45(4): 523-539.
161. Karr A, Farrell J. Will we ever get a co-ordinated approach to electronic prescribing? *Hospital Pharmacist* 2003; 10(5): 186.
162. Kaushal R, Jha A, Franz C, Tonushree J, Bates DW. The costs and benefits of computerized physician order entry. *Journal of General Internal Medicine* 2004; 216.
163. Kaushal R, Jha AK, Franz C, Glaser J, Shetty KD, Jaggi T, Middleton B, Kuperman GJ, Khorasani R, Tanasijevec M, Bates DW. Return on investment for a computerized physician order entry system (Provisional record). *Journal of the American Medical Informatics Association* 2006; 13(3): 261-266.
164. Kaushal R, Shojania KG, Bates DW. Effects of computerized physician order entry and clinical decision support systems on medication safety: a systematic review. *Archives of Internal Medicine* 2003; 163(12): 1409-1416.

165. Kawamoto K, Lobach DF. Clinical decision support provided within physician order entry systems: a systematic review of features effective for changing clinician behavior. *AMIA Annual Symposium proceedings/AMIA Symposium*. AMIA Symposium 2003; 361-365.
166. Keene A, Ashton L, Shure D, Napoleone D, Katyal C, Bellin E. Mortality before and after initiation of a computerized physician order entry system in a critically ill pediatric population. *Pediatrics Critical Care Medicine: A Journal of the Society of Critical Care Medicine and the World Federation of Pediatric Intensive and Critical Care Societies* 2007; 8(3): 268-271.
167. Kelly WN, Rucker TD. Compelling features of a safe medication-use system. *American Journal of Health-System Pharmacy* 2006; 63(15): 1461-1468.
168. Kester L, Stoller JK. Prevalence and Causes of Medication Errors: A Review. *Clinical Pulmonary Medicine* 2003; 10(6): 322-326.
169. Kilbridge PM, Campbell UC, Cozart HB, Mojarrad MG. Automated surveillance for adverse drug events at a community hospital and an academic medical center. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA* 2006; 13(4): 372-377.
170. Kilbridge PM, Welebob EM, Classen DC. Development of the Leapfrog methodology for evaluating hospital implemented inpatient computerized physician order entry systems. *Quality & Safety in Health Care* 2006; 15(2): 81-84.
171. Killelea BK, Kaushal R, Cooper M, Kuperman GJ. To what extent do pediatricians accept computer-based dosing suggestions? *Pediatrics* 2007; 119(1): e69-e75.
172. Kim GR, Chen AR, Arceci RJ, Mitchell SH, Kokoszka KM, Daniel D, Lehmann CU. Error reduction in pediatric chemotherapy: computerized order entry and failure modes and effects analysis. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine* 2006; 160(5): 495-498.
173. King WJ, Paice N, Rangrej J, Forestell GJ, Swartz R. The effect of computerized physician order entry on medication errors and adverse drug events in pediatric inpatients. *Pediatrics* 2003; 112(3 Pt 1): 506-509.
174. Knaup P, Pilz J, Kaltschmidt J, Ludt S, Szecsenyi J, Haefeli WE. Standardized documentation of drug recommendations in discharge letters--a contribution to quality management in cooperative care. *Methods of Information in Medicine* 2006; 45(4): 336-342.
175. Knowles SR, Cornish PL, Etchells EE. Pharmacists' role in assessing potential value of CPOE. *American Journal of Health-System Pharmacy* 2006; 63(22): 2182, 2184.
176. Kopec D, Kabir MH, Reinharth D, Rothschild O, Castiglione JA. Human errors in medical practice: Systematic classification and reduction with automated information systems. *Journal of Medical Systems* 2003; 27(N4): 297-313.
177. Kopp BJ, Erstad BL. Medication errors and adverse drug events in an intensive care unit: Direct observation approach for detection. *Critical Care Medicine* 2006; 34(N2): 415-425.
178. Koppel R, Metlay JP, Cohen A, Abaluck B, Localio AR, Kimmel SE, Strom BL. Role of computerized physician order entry systems in facilitating medication errors. *Journal of the American Medical Association* 2005; 293(10): 1197-1203.
179. Kozer E, Berkovitch M, Koren G. Medication errors in children. *Pediatric Clinics of North America* 2006; 53(6): 1155-1168.
180. Krahenbuhl-Melcher A, Schlienger R, Lampert M, Haschke M, Drewe J, Krahenbuhl S. Drug-related problems in hospitals - A review of the recent literature. *Drug Safety* 2007; 30(N5): 379-407.
181. Krampera M, Venturini F, Benedetti F, Oliani A, Carolei S, Visco C, Aqel H, Pizzolo G, Scroccaro G. Computer-based drug management in a bone marrow transplant unit: a suitable tool for multiple prescriptions even in critical conditions. *British Journal of Haematology* 2004; 125(1): 50-57.

182. Kravet SJ, Knight AM, Wright SM. Ten lessons from implementing a computerized provider order entry system. *Journal of Clinical Outcomes Management* 2007; 14(2): 105-109.
183. Krohn R. In search of the ROI from CPOE. *Journal of healthcare information management : JHIM* 2003; 17(4): 6-9.
184. Krüger-Brand HE. Telematik: Versorgung à la carte. *Deutsches Ärzteblatt* 2005; 102 (31-32): A-2156.
185. Kuperman GJ, Bobb A, Payne TH, Avery AJ, Gandhi TK, Burns G, Classen DC, Bates DW. Medication-related clinical decision support in computerized provider order entry systems: a review. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA* 2007; 14(1): 29-40.
186. Kuperman GJ, Gibson RF. Computer physician order entry: benefits, costs, and issues. *Annals of Internal Medicine* 2003; 139(1): 31-39.
187. Kushniruk A, Borycki E, Kuwata S, Kannry J. Predicting changes in workflow resulting from healthcare information systems: ensuring the safety of healthcare. *Healthcare Quarterly (Toronto, Ont.)* 2006; 9 Spec No: 114-118.
188. Leape LL. Making health care safe: Are we up to it? *Journal of Pediatric Surgery* 2004; 39(N3): 258-266.
189. Lehmann CU, Kim GR. Computerized provider order entry and patient safety. *Pediatric Clinics of North America* 2006; 53(6): 1169-1184.
190. Leonard MS, Cimino M, Shaha S, McDougal S, Pilliod J, Brodsky L. Risk reduction for adverse drug events through sequential implementation of patient safety initiatives in a children's hospital. *Pediatrics* 2006; 118(N4): E1124-E1129.
191. Lester WT, Grant RW, Barnett GO, Chueh HC. Randomized controlled trial of an informatics-based intervention to increase statin prescription for secondary prevention of coronary disease. *Journal of General Internal Medicine* 2006; 21(1): 22-29.
192. Levick D. Clinical Pearl. Computer Physician Order Entry (CPOE). *Virtual Mentor. Ethics Journal of the American Medical Association* 2004; 6([3]).
193. Levick D, O'Brien D. CPOE is much more than computers. *Physician Executive* 2003; 29(6): 48-52.
194. Lica L. New pharma knowledge base streamlines CPOE. *Drug Topics* 2006; 150(18): HSE24.
195. Lindenauer PK, Ling D, Pekow PS, Crawford A, Naglieri-Prescod D, Hoople N, Fitzgerald J, Benjamin EM. Physician characteristics, attitudes, and use of computerized order entry. *Journal of Hospital Medicine (Online)* 2006; 1(4): 221-230.
196. Lisby M, Nielsen LP. Errors in the medication process: frequency, type, and potential. *International Journal for Quality in Health Care* 2005; 17(N1): 15-22.
197. Luo JS. Computer physician order entry: To implement or not? *Primary Psychiatry* 2006; 13(3): 19-21.
198. Lux A. Cost-benefit analysis of a new health insurance card and electronic prescription in Germany (Provisional record). *Journal of Telemedicine and Telecare* 2002; 8 (Suppl. 2): 54-55.
199. Mahoney CD, Berard-Collins CM, Coleman R, Amaral JF, Cotter CM. Effects of an integrated clinical information system on medication safety in a multi-hospital setting. *American Journal of Health-System Pharmacy* 2007; 64(18): 1969-1977.
200. Manzo J, Sinnott MJ, Sosnowski F, Begliomini R, Green J, Pane F. Case study: Challenges, successes and lessons learned from implementing Computerized Physician Order Entry (CPOE) at two distinct health systems: Implications of CPOE on the pharmacy and the medication-use process. *Hospital Pharmacy* 2005; 40(5): 420-429.

201. Martin P, Haefeli WE, Martin-Facklam M. A drug database model as a central element for computer-supported dose adjustment within a CPOE system. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA* 2004; 11(5): 427-432.
202. Matuszewski KA. The Emperor's New Clothes? A \$12 Million Tale. *P and T* 2003; 28(9): 558.
203. Maviglia SM, Yoo JY, Franz C, Featherstone E, Churchill W, Bates DW, Gandhi TK, Poon EG. Cost-benefit analysis of a hospital pharmacy bar code solution. *Archives of Internal Medicine* 2007; 167(N8): 788-794.
204. McAlearney AS, Chisolm D, Veneris S, Rich D, Kelleher K. Utilization of evidence-based computerized order sets in pediatrics. *International Journal of Medical Informatics* 2006; 75(7): 501-512.
205. McAlearney AS, Chisolm DJ, Schweikhart S, Medow MA, Kelleher K. The story behind the story: Physician skepticism about relying on clinical information technologies to reduce medical errors. *International Journal of Medical Informatics* 2006.
206. McFadden KL, Stock GN, Gowen CRI. Implementation of patient safety initiatives in US hospitals. *International Journal of Operations & Production Management* 2006; 26(N3-4): 326-347.
207. McMullin ST, Lonergan TP, Ryneerson CS. Twelve-month drug cost savings related to use of an electronic prescribing system with integrated decision support in primary care (Provisional record). *Journal of Managed Care Pharmacy* 2005; 11(4): 322-332.
208. McMullin ST, Lonergan TP, Ryneerson CS, Doerr TD, Veregge PA, Scanlan ES. Impact of an evidence-based computerized decision support system on primary care prescription costs (Provisional record). *Annals of Family Medicine* 2004; 2(5): 494-498.
209. Mehr SR. Computerized physician-order entry and improving hospital outcomes. *Managed Care Interface* 2005; 18(8): 11.
210. Mekhjian HS, Kumar RR, Kuehn L, Bentley TD, Teater P. Immediate benefits realized following implementation of physician order entry at an academic medical center (Structured abstract). *Journal of the American Medical Informatics Association* 2002; 9(5): 529-539.
211. Menachemi N, Brooks RG. Reviewing the benefits and costs of electronic health records and associated patient safety technologies. *Journal of Medical Systems* 2006; 30(3): 159-168.
212. Menachemi N, Burkhardt J. Hospital information technology and positive financial performance: A different approach to finding an ROI. *Journal of Healthcare Management* 2006; 51(N1): 40-58.
213. Miller AS. Computerized prescriber order entry: Implementing the rules engine. *Hospital Pharmacy* 2002; 37(4): 413-417.
214. Miller AS. Computerized prescriber order entry: Quality and operations improvement: Medication error reduction. *Hospital Pharmacy* 2002; 37(5): 534-536.
215. Miller AS. Computerized prescriber order entry: The admission, transfer, and discharge process. *Hospital Pharmacy* 2002; 37(1): 96-99.
216. Miller AS. Quality and operations improvement: Medication turnaround time. *Hospital Pharmacy* 2002; 37(6): 644-646+695.
217. Miller MR, Clark JS, Lehmann CU. Computer based medication error reporting: insights and implications. *Quality & Safety in Health Care* 2006; 15(3): 208-213.
218. Miller MR, Robinson KA, Lubomski LH, Rinke ML, Pronovost PJ. Medication errors in paediatric care: a systematic review of epidemiology and an evaluation of evidence supporting reduction strategy recommendations. *Quality & Safety in Health Care* 2007; 16(N2): 116-126.

219. Mirco A, Campos L, Falcão F, Nunes JS, Aleixo A. Medication errors in an internal medicine department. Evaluation of a computerized prescription system. *PHarmacy World & Science* 2005; 27(4): 351-352.
220. Morrissey J. Capital crunch eats away at IT. Annual survey shows lack of funding among obstacles slowing adoption of computerized physician order entry, other projects. *Modern Healthcare* 2004; 34(8): 32-6, 38, 62.
221. Murray MD, Harris LE, Overhage JM, Zhou XH, Eckert GJ, Smith FE, Buchanan NN, Wolinsky FD, McDonald CJ, Tierney WM. Failure of computerized treatment suggestions to improve health outcomes of outpatients with uncomplicated hypertension: results of a randomized controlled trial. *Pharmacotherapy* 2004; 24(3): 324-337.
222. N. N. Evaluating CPOE systems: Key comparative criteria you'll need to consider. *Formulary* 2002; 37(3): 157-158.
223. N. N. CPOE, bedside technology, and patient safety: a roundtable discussion. *American Journal of Health-System Pharmacy* 2003; 60(12): 1219-1228.
224. N. N. Longitudinal records enable instant QI changes. *Healthcare Benchmarks and Quality Improvement* 2004; 11(12): 136-138.
225. N. N. Prescription drug safety. *PHC4 FYI/Pennsylvania Health Care Cost Containment Council* 2004; (25): 1-2.
226. N. N. Prescription drug safety. *PHC4 FYI/Pennsylvania Health Care Cost Containment Council* 2004; (25): 1-2.
227. N. N. Reducing medication errors requires a multifactorial approach. *Drugs and Therapy Perspectives* 2004; 20(8): 22-26.
228. N. N. Entschließungen zum Tagesordnungspunkt VIII: Tätigkeitsbericht der Bundesärztekammer. *Deutsches Ärzteblatt* 2005; 102(19): A-1381.
229. N. N. Strategies to reduce medication errors with reference to older adults. *Nursing Standard (Royal Collge of Nursing (Great Britain): 1987)* 2006; 20(41): 53-57.
230. Nace GS, Graumlich JF, Aldag JC. Software design to facilitate information transfer at hospital discharge. *Informatics in Primary Care* 2006; 14(2): 109-119.
231. Nam HS, Han SW, Ahn SH, Lee JY, Choi HY, Park IC, Heo JH. Improved time intervals by implementation of computerized physician order entry-based stroke team approach. *Cerebrovascular Diseases (Basel, Switzerland)* 2007; 23(4): 289-293.
232. Nebeker JR, Hoffman JM, Weir CR, Bennett CL, Hurdle JF. High rates of adverse drug events in a highly computerized hospital. *Archives of Internal Medicine* 2005; 165(10): 1111-1116.
233. Niès J, Colombet I, Degoulet P, Durieux P. Determinants of success for computerized clinical decision support systems integrated in CPOE systems: a systematic review. *AMIA Annual Symposium proceedings/AMIA Symposium. AMIA Symposium* 2006; 594-598.
234. O'Connell RT, Cho C, Shah N, Brown K, Shiffman RN. Take note(s): Differential EHR satisfaction with two implementations under one roof. *Journal of the American Medical Informatics Association* 2004; 11(N1): 43-49.
235. O'Connor KJ. CPOE: show me the benefits! *Journal of healthcare information management: JHIM* 2004; 18(1): 11-12.
236. Ohsfeldt RL, Ward MM, Schneider JE, Jaana M, Miller TR, Lei Y, Wakefield DS. Implementation of hospital computerized physician order entry systems in a rural state: feasibility and financial impact (Provisional record). *Journal of the American Medical Informatics Association* 2005; 12(1): 20-27.
237. Oliven A, Michalake I, Zalman D, Dorman E, Yeshurun D, Odeh M. Prevention of prescription errors by computerized, on-line surveillance of drug order entry. *International Journal of Medical Informatics* 2005; 74: 377-386.

238. Oppenheim MI, Vidal C, Velasco FT, Boyer AG, Cooper MR, Hayes JG, Frayer WW. Impact of a computerized alert during physician order entry on medication dosing in patients with renal impairment. *Proceedings/AMIA Annual Symposium. AMIA Symposium 2002*; 577-581.
239. Oren E, Shaffer ER, Guglielmo BJ. Impact of emerging technologies on medication errors and adverse drug events. *American Journal of Health-System Pharmacy 2003*; 60(14): 1447-1458.
240. Osheroff JA, Teich JM, Middleton B, Steen EB, Wright A, Detmer DE. A roadmap for national action on clinical decision support. *Journal of the American Medical Informatics Association 2007*; 14(N2): 141-145.
241. Overhage JM, Middleton B, Miller RA, Zielstorff RD, Hersh WR. Does national regulatory mandate of provider order entry portend greater benefit than risk for health care delivery? The 2001 ACMI debate. *The American College of Medical Informatics. Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA 2002*; 9(3): 199-208.
242. Ozdas A, Speroff T, Waitman LR, Ozbolt J, Butler J, Miller RA. Integrating "best of care" protocols into clinicians' workflow via care provider order entry: impact on quality-of-care indicators for acute myocardial infarction. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA 2006*; 13(2): 188-196.
243. Park WS, Kim JS, Chae YM, Yu SH, Kim CY, Kim SA, Jung SH. Does the physician order-entry system increase the revenue of a general hospital? *International Journal of Medical Informatics 2003*; 71(1): 25-32.
244. Paterno MD, Cina JL, Goldhaber SZ, Kucher N. Preventing DVT and PE in hospitalized patients: improving a successful electronic alert. *AMIA Annual Symposium proceedings/AMIA Symposium. AMIA Symposium 2006*; 1058.
245. Paul M, Andreassen S, Tacconelli E, Nielsen AD, Almanasreh N, Frank U, Cauda R, Leibovici L. Improving empirical antibiotic treatment using TREAT, a computerized decision support system: cluster randomized trial (Brief record). *Journal of Antimicrobial Chemotherapy 2006*; 58(6): 1238-1245.
246. Payne TH, Nichol WP, Hoey P, Savarino J. Characteristics and override rates of order checks in a practitioner order entry system. *Proceedings/AMIA Annual Symposium. AMIA Symposium 2002*; 602-606.
247. Pérez ER, Winters JL, Gajic O. The addition of decision support into computerized physician order entry reduces red blood cell transfusion resource utilization in the intensive care unit. *American Journal of Hematology 2007*; 82(7): 631-633.
248. Peterson JF, Kuperman GJ, Shek C, Patel M, Avorn J, Bates DW. Guided prescription of psychotropic medications for geriatric inpatients. *Archives of Internal Medicine 2005*; 165(7): 802-807.
249. Piasecki JK, Calhoun E, Engelberg J, Rice W, Dilts D, Belser D, Aronsky D, Jones I, Mason D, Stead B. Computerized provider order entry in the emergency department: pilot evaluation of a return on investment analysis instrument. *AMIA Annual Symposium proceedings/AMIA Symposium. AMIA Symposium 2005*; 1081.
250. Podichetty V, Penn D. The progressive roles of electronic medicine: Benefits, concerns, and costs. *American Journal of the Medical Sciences 2004*; 328(N2): 94-99.
251. Poissant L, Pereira J, Tamblyn R, Kawasumi Y. The impact of electronic health records on time efficiency of physicians and nurses: a systematic review. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA 2005*; 12(5): 505-516.
252. Pomerantz JM. Electronic prescribing raises issues of confidentiality and control. *Drug Benefit Trends 2003*; 15(12): 17-18.

253. Poon EG, Blumenthal D, Jaggi T, Honour MM, Bates DW, Kaushal R. Overcoming the barriers to the implementing computerized physician order entry systems in US hospitals: perspectives from senior management. *AMIA Annual Symposium proceedings/AMIA Symposium. AMIA Symposium 2003*; 975.
254. Poon EG, Blumenthal D, Jaggi T, Honour MM, Bates DW, Kaushal R. Overcoming barriers to adopting and implementing computerized physician order entry systems in U.S. hospitals. *Health Affairs (Project Hope) 2004*; 23(4): 184-190.
255. Potts AL, Barr FE, Gregory DF, Wright L, Patel NR. Computerized physician order entry and medication errors in a pediatric critical care unit. *Pediatrics 2004*; 113(1 Pt 1): 59-63.
256. Prokosch HU. KAS, KIS, EKA, EPA, EGA, E-Health. Ein Plädoyer gegen die babylonische Begriffsverwirrung in der Medizinischen Informatik. www.imi.med.uni-erlangen.de (27.05.2008).
257. Pruszydlo M, Schmitt SPWKJ, Bertsche T, Haefeli WE. Qualitätssicherung der medikamentösen Therapie durch ein elektronisches Arzneimittelinformationssystem. www.aidklinik.de (15.06.2008).
258. Raebel MA, Carroll NM, Kelleher JA, Chester EA, Berga S, Magid DJ. Randomized trial to improve prescribing safety during pregnancy. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA 2007*; 14(4): 440-450.
259. Raebel MA, Charles J, Dugan J, Carroll NM, Korner EJ, Brand DW, Magid DJ. Randomized trial to improve prescribing safety in ambulatory elderly patients. *Journal of the American Geriatrics Society 2007*; 55(7): 977-985.
260. Rahimi B, Vimarlund V. Methods to evaluate health information systems in healthcare settings: A literature review. *Journal of Medical Systems 2007*; 31(N5): 397-432.
261. Reider J. Computerized physician order entry: has the time come? *Medscape General Medicine 2003*; 5(2): 42.
262. Reingold S, Kulstad E. Impact of human factor design on the use of order sets in the treatment of congestive heart failure. *Acad. Emerg. Med. 2007*; 14(11): 1097-1105.
263. Reynolds P. Critical intervention. Surgical ICU of a Utah academic hospital benefits from software's antibiotic recommendations and alerts. *Health management technology 2003*; 24(7): 28-29.
264. Rich D, Menke J, Fisher D. Dose range checking in a computer order entry system. *AMIA Annual Symposium proceedings/AMIA Symposium. AMIA Symposium 2003*; 985.
265. Rommers MK, Teepe-Twiss IM, Guchelaar HJ. Preventing adverse drug events in hospital practice: an overview. *Pharmacoepidemiology and Drug Safety 2007*.
266. Rosenbloom ST, Geissbuhler AJ, Dupont WD, Giuse DA, Talbert DA, Tierney WM, Plummer WD, Stead WW, Miller RA. Effect of CPOE user interface design on user-initiated access to educational and patient information during clinical care. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA 2005*; 12(4): 458-473.
267. Rosenbloom ST, Grande J, Geissbuhler A, Miller RA. Experience in implementing inpatient clinical note capture via a provider order entry system. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA 2004*; 11(4): 310-315.
268. Rosenbloom ST, Talbert D, Aronsky D. Clinicians' perceptions of clinical decision support integrated into computerized provider order entry. *International Journal of Medical Informatics 2004*; 73(5): 433-441.
269. Ross C, Banchy P. CPOE: Case History. The Key to CPOE. Thoughtful planning, flexible training and strong staff involvement leads to a successful CPOE implementation. 2007; 1-7. Nelson Publishing Inc.
270. Rothschild AS, Lehmann HP. Information retrieval performance of probabilistically generated, problem-specific computerized provider order entry pick-lists: a pilot study. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA 2005*; 12(3): 322-330.

271. Rothschild J. Computerized physician order entry in the critical care and general inpatient setting: a narrative review. *Journal of Critical Care* 2004; 19(4): 271-278.
272. Rothschild JM, McGurk S, Honour M, Lu L, McClendon AA, Srivastava P, Churchill WH, Kaufman RM, Avorn J, Cook EF, Bates DW. Assessment of education and computerized decision support interventions for improving transfusion practice. *Transfusion* 2007; 47(2): 228-239.
273. Rucker DW, Steele AW, Douglas IS, Coudere CA, Hardel GG. Design and use of a joint order vocabulary knowledge representation tier in a multi-tier CPOE architecture. *AMIA Annual Symposium proceedings/AMIA Symposium*. AMIA Symposium 2006; 669-673.
274. Saathoff A. Human factors considerations relevant to CPOE implementations. *Journal of healthcare information management: JHIM* 2005; 19(3): 71-78.
275. Salmivalli L, Hilmola OP. Business pluralism of electronic prescriptions: State of development in Europe and the USA. *International Journal of Electronic Healthcare* 2006; 2(2): 132-147.
276. Scalise D. CPOE (computerized physician order entry): an executive's guide (Brief record). *Hospitals and Health Networks* 2002; 76(6): 41-46.
277. Schiff GDKD, Peterson J, Shah G, Bates DW. Linking Laboratory and Pharmacy. Opportunities for Reducing Errors and Improving Care. *Archives of International Medicine* 2003; 163(8): 893-900.
278. Schließke P, Wasem J. Ökonomische Aspekte der elektronischen Gesundheitskarte. *Telemedizinführer Deutschland* 2006; 29-33.
279. Schmitt KF, Wofford DA. Financial Analysis Projects Clear Returns from Electronic Medical Records. *Healthcare Financial Management Association* 2002; 1-7.
280. Schneeweiss S, Hasford J, Gottler M, Hoffmann A, Riethling AK, Avorn J. Admissions caused by adverse drug events to internal medicine and emergency departments in hospitals: a longitudinal population-based study. *European Journal of Clinical Pharmacology* 2002; 58(4): 285-291.
281. Schug SH. Gesundheitstelematik - aktuelle Entwicklungen und Konsequenzen für Krankenhäuser und Versorgungsverbände. *Health Telematics - Current Developments and Consequences for Hospitals and Care-providers*. *Kliniker* 2003; 32(11): 391-398.
282. Schütze L, Schneemann H. Elektronische Verordnung im Krankenhaus - elektronische Verordnungssysteme im Vergleich. *Computerized prescription in hospitals - Computerized physician order entry (CPOE) systems by comparison*. *Krankenhauspharmazie* 2007; 28(8): 328-342.
283. Seeley CE, Nicewander D, Page R, Dysert PA. A baseline study of medication error rates at Baylor University Medical Center in preparation for implementation of a computerized physician order entry system. *Proceedings (Baylor University.Medical Center)* 2004; 17(3): 357-361.
284. Seidling HM, Barmawi AA, Kaltschmidt J, Bertsche T, Pruszydlo G, Haefeli WE. Detection and prevention of prescriptions with excessive doses in electronic prescribing systems. *European Journal of Clinical Pharmacology* 2007; (63): 1185-1192.
285. Sengstack PP, Gugerty B. CPOE systems: success factors and implementation issues. *Journal of healthcare information management: JHIM* 2004; 18(1): 36-45.
286. Shah AN, Frush K, Luo XM, Wears RL. Effect of an intervention standardization system on pediatric dosing and equipment size determination - A crossover trial involving simulated resuscitation events. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine* 2003; 157(N3): 229-236.
287. Shannon T, Feied C, Smith M, Handler J, Gillam M. Wireless handheld computers and voluntary utilization of computerized prescribing systems in the emergency department. *The Journal of Emergency Medicine* 2006; 31(3): 309-315.

288. Shebl NA, Franklin BD, Barber N. Clinical decision support systems and antibiotic use. *PHarmacy World & Science* 2007; 29(4): 342-349.
289. Shekelle PG, Morton SC, Keeler EB. Costs and benefits of health information technology. *Evidence Report/Technology Assessment* 2006; (132): 1-71.
290. Shojanian KG, Duncan BW, McDonald KM, Wachter RM. Safe but sound - Patient safety meets evidence-based medicine. *Journal of the American Medical Association* 2002; 288(N4): 508-513.
291. Shulman R, Singer M, Goldstone J, Bellingan G. Medication errors: a prospective cohort study of hand-written and computerised physician order entry in the intensive care unit. *Critical Care (London, England)* 2005; 9(5): R516-R521.
292. Sidorov J. It ain't necessarily so: The electronic health record and the unlikely prospect of reducing health care costs. *Health Affairs* 2006; 25(N4): 1079-1085.
293. Simon JS, Rundall TG, Shortell SM. Adoption of order entry with decision support for chronic care by physician organizations. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA* 2007; 14(4): 432-439.
294. Simon SR, Smith DH, Feldstein AC, Perrin N, Yang X, Zhou Y, Platt R, Soumerai SB. Computerized prescribing alerts and group academic detailing to reduce the use of potentially inappropriate medications in older people. *Journal of the American Geriatrics Society* 2006; 54(N6): 963-968.
295. Simonian MM, Schneider JH, Benson KA, D'Alessandro DM, Del Beccaro MA, Drummond WH, Kim GR, Leu M, Lund GC, Marcus E, Zuckerman AE. Electronic prescribing systems in pediatrics: The rationale and functionality requirements. *Pediatrics* 2007; 119(6): 1229-1231.
296. Sinclair-Pingel J, Grisso AG, Hargrove FR, Wright L. Implementation of standardized concentrations for continuous infusions using a computerized provider order entry system. *Hospital Pharmacy* 2006; 41(11): 1102-1106.
297. Sintchenko V, Coiera E, Iredell JR, Gilbert GL. Comparative impact of guidelines, clinical data, and decision support on prescribing decisions: an interactive web experiment with simulated cases. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA* 2004; 11(1): 71-77.
298. Sistrom C. The socioeconomic aspects of information technology for health care with emphasis on radiology. *Academic Radiology* 2005; 12(N4): 431-443.
299. Sittig DF. Potential impact of advanced clinical information technology on healthcare in 2015. *Medinfo 2004: Proceedings of the 11th World Congress on Medical Informatics, PT1 and 2* 2004; 1379-1382.
300. Sittig DF, Krall M, Dykstra R, Russell A, Chin HL. A survey of factors affecting clinician acceptance of clinical decision support. *BMC Medical Informatics and Decision Making* 2006; 1-7.
301. Sittig DF, Krall M, Kaalaas-Sittig J, Ash JS. Emotional aspects of computer-based provider order entry: a qualitative study. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA* 2005; 12(5): 561-567.
302. Sittig DF, Stead WW. Computer-based Physician Order Entry: The State of the Art. *Journal of the American Medical Informatics Association* 1994; 1(2): 108-123.
303. Sjöborg B, Bäckström T, Arvidsson LB, Andersén-Karlsson E, Blomberg LB, Eiermann B, Eliasson M, Henriksson K, Jacobsson L, Jacobsson U, Julander M, Kaiser PO, Landberg C, Larsson J, Molin B, Gustafsson LL. Design and implementation of a point-of-care computerized system for drug therapy in Stockholm metropolitan health region--Bridging the gap between knowledge and practice. *International Journal of Medical Informatics* 2007; 76(7): 497-506.
304. Sloane T. CPOE is far from KO'd. *JAMA study only proves that no technology cures problems in isolation. Modern Healthcare* 2005; 35(12): 20.

305. Smith J. Building a safer NHS for patients. Improving Medication Safety. 2004; 1-173. Department of Health.
306. Snyder RA, Abarca J, Meza JL, Rothschild JM, Rizos A, Bates DW. Reliability evaluation of the adapted National Coordinating Council Medication Error Reporting and Prevention (NCC MERP) index. *Pharmacoepidemiology and Drug Safety* 2007; 16(9): 1006-1013.
307. Soper J, Chan GTC, Skinner JR, Spinetto HD, Gentles TL. Management of oral anticoagulation in a population of children with cardiac disease using a computerised system to support decision-making. *Cardiology in the Young* 2006; 16(3): 256-260.
308. Stablein D, Welebob E, Johnson E, Metzger J, Burgess R, Classen DC. Understanding hospital readiness for computerized physician order entry. *Joint Commission Journal on Quality and Safety* 2003; 29(7): 336-344.
309. Steele AW, Eisert S, Witter J, Lyons P, Jones MA, Gabow P, Ortiz E. The effect of automated alerts on provider ordering behavior in an outpatient setting. *PLoS Medicine* 2005; 2(9): e255.
310. Stock GN, McFadden KL, Gowen CR. Organizational culture, critical success factors, and the reduction of hospital errors. *International Journal of Production Economics* 2007; 106(N2): 368-392.
311. Stroetmann VN, Spichtinger D, Stroetmann KA, Thierry JP. ICT for patient safety: Towards a European research roadmap. *International Symposium on Biological and Medical Data Analysis* 2006; 4345: 482-493.
312. Stroetmann VN, Spichtinger D, Stroetmann KA, Thierry JP. ICT for Patient Safety: Towards a European Research Roadmap. *International Symposium on Biological and Medical Data Analysis* 2006; ([LNBI 4345]): 482-493. Berlin Heidelberg, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006. Maglaveras, M.
313. Subramanian S, Hoover S, Gilman B, Field TS, Mutter R, Gurwitz JH. Computerized physician order entry with clinical decision support in long-term care facilities: Costs and benefits to stakeholders. *Journal of the American Geriatrics Society* 2007; 55(9): 1451-1457.
314. Tamblyn R. Improving patient safety through computerized drug management: the devil is in the details. *HealthcarePapers* 2004; 5(3): 52-68.
315. Tamuz M, Harrison MI. Improving patient safety in hospitals: Contributions of high-reliability theory and normal accident theory. *Health Services Research* 2006; 41(4 Pt 2): 1654-1676.
316. Tan K, Dear PR, Newell SJ. Clinical decision support systems for neonatal care. *Cochrane Database of Systematic Reviews (Online)* 2005; (2): CD004211.
317. Taylor R, Manzo J, Sinnett M. Quantifying value for physician order-entry systems: a balance of cost and quality. *Healthcare financial management: journal of the Healthcare Financial Management Association* 2002; 56(7): 44-48.
318. Teich JM, Osheroff JA, Pifer EA, Sittig DF, Jenders RA. Clinical decision support in electronic prescribing: recommendations and an action plan: report of the joint clinical decision support workgroup. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA* 2005; 12(4): 365-376.
319. ten Hoopen AJ, Zanstra PE, de Vries Robbé PF. Comparing the implementation of CPOE in two Dutch hospitals revisited. *Methods of Information in Medicine* 2007; 46(1): V-VI.
320. The Leapfrog Group. Computer Physician Order Entry. www.leapfroggroup.org (10.03.2008).
321. Thompson CA. Ohio hospitals' CPOE costs extend beyond basic system. *American Journal of Health-System Pharmacy* 2004; 61(15): 1530, 1534.
322. Thursky K. Use of computerized decision support systems to improve antibiotic prescribing. *Expert Review of Anti-infective Therapy* 2006; 4(3): 491-507.

323. Tierney WM, Overhage JM, Murray MD, Harris LE, Zhou XH, Eckert GJ, Smith FE, Nienaber N, McDonald CJ, Wolinsky FD. Can computer-generated evidence-based care suggestions enhance evidence-based management of asthma and chronic obstructive pulmonary disease? A randomized, controlled trial. *Health Services Research* 2005; 40(2): 477-497.
324. Tracy G. A Case Study on Computerized Physician Order Entry. A blueprint for a Beginning. Massachusetts Technology Collaborative, New England Institute 2006; 1-51.
325. Traynor K. JCAHO retreats on retrospective pharmacy review for CPOE systems. *American Journal of Health-System Pharmacy* 2002; 59(15): 1397, 1402.
326. University of California at San Francisco, Stanford University Evidence-based Practice Center. Making Health Care Safer. A Critical Analysis of Patient Safety Practices. 2001; 43: 1-662. Agency for Healthcare Research and Quality; U.S. Department of Health and Human Services.
327. Upperman JS, Staley P, Friend K, Benes J, Dailey J, Neches W, Wiener ES. The introduction of computerized physician order entry and change management in a tertiary pediatric hospital. *Pediatrics* 2005; 116(5): e634-e642.
328. Upperman JS, Staley P, Friend K, Neches W, Kazimer D, Benes J, Wiener ES. The impact of hospitalwide computerized physician order entry on medical errors in a pediatric hospital. *Journal of Pediatric Surgery* 2005; 40(1): 57-59.
329. van der Sijs H, Aarts J, Vulto A, Berg M. Overriding of drug safety alerts in computerized physician order entry. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA* 2006; 13(2): 138-147.
330. Vardi A, Efrati O, Levin I, Matok I, Rubinstein M, Paret G, Barzilay Z. Prevention of potential errors in resuscitation medications orders by means of a computerised physician order entry in paediatric critical care. *Resuscitation* 2007; 73(3): 400-406.
331. Walsh KE, Adams WG, Bauchner H, Vinci RJ, Chessare JB, Cooper MR, Hebert PM, Schainker EG, Landrigan CP. Medication errors related to computerized order entry for children. *Pediatrics* 2006; 118(5): 1872-1879.
332. Wang CJ, Marken RS, Meili RC, Straus JB, Landman AB, Bell DS. Functional characteristics of commercial ambulatory electronic prescribing systems: a field study. *Journal of the American Medical Informatics Association: JAMIA* 2005; 12(3): 346-356.
333. Wang JK, Herzog NS, Kaushal R, Park C, Mochizuki C, Weingarten SR. Prevention of pediatric medication errors by hospital pharmacists and the potential benefit of computerized physician order entry. *Pediatrics* 2007; 119(1): e77-e85.
334. Warner A, Menachemi N, Brooks RG. Information technologies relevant to pharmacy practice in hospitals: Results of a statewide survey. *Hospital Pharmacy* 2005; 40(3): 233-239.
335. Weant KA, Cook AM, Armitstead JA. Medication-error reporting and pharmacy resident experience during implementation of computerized prescriber order entry. *American Journal of Health-System Pharmacy* 2007; 64(5): 526-530.
336. Weir CR, Hicken BL, Rappaport HS, Nebeker JR. Crossing the quality chasm: The role of information technology departments. *American Journal of Medical Quality* 2006; 21(N6): 382-393.
337. Weiss AM, Jain A. Using computerized physician order entry to decrease insurance denials. *AMIA Annual Symposium proceedings/AMIA Symposium. AMIA Symposium* 2005; 1152.
338. Wenzer HS, Böttger U, Boye N. A socio-technical study of an ubiquitous CPOE-system in local use. *Studies in Health Technology and Informatics* 2006; 124: 326-332.

339. Westbrook JI, Georgiou A, Dimos A, Germanos T. Computerised pathology test order entry reduces laboratory turnaround times and influences tests ordered by hospital clinicians: a controlled before and after study. *Journal of Clinical Pathology* 2006; 59(5): 533-536.
340. Wilson JW, Oyen L, JONNMMM, Thompson RL, Manahan JM, Graner KK, Lovely JK, Estes LL. Hospital rules-based system: The next generation of medical informatics for patient safety. *American Journal of Health-System Pharmacy* 2005; 62(N5): 499-505.
341. Wolf ZR. Pursuing safe medication use and the promise of technology. *Medsurg Nursing: Official Journal of the Academy of Medical-Surgical Nurses* 2007; 16(2): 92-100.
342. Wright L, Feldott CC, Hargrove FR. Designing decision support for insulin ordering in a computerized provider order entry system. *Hospital Pharmacy* 2007; 42(2): 158-161.
343. Wright L, Grisso AG, Feldott CC, Hargrove FR. Using computerized provider order entry to implement actions of the Pharmacy and Therapeutics Committee. *Hospital Pharmacy* 2007; 42(8): 763-766.
344. Wu RC, Laporte A, Ungar WJ. Cost-effectiveness of an electronic medication ordering and administration system in reducing adverse drug events. *Journal of Evaluation in Clinical Practice* 2007; 13(3): 440-448.
345. Young D. CPOE takes time, patience, money, and teamwork. *American Journal of Health-System Pharmacy* 2003; 60(7): 635, 639-640, 642.
346. Yu KH, Nation RL, Dooley MJ. Multiplicity of medication safety terms, definitions and functional meanings: when is enough enough? *Quality & Safety in Health Care* 2005; 14: 358-363.
347. Zamora N, Carter M, Saull-McCaig S, Nguyen J. The benefits of the MOE/MAR implementation: a quantitative approach. *Healthcare Quarterly (Toronto, Ont.)* 2006; 10 Spec No: 77-83, 6.
348. Zend Studio, Zent Framework und PHP. Wirksame Software ohne Risiken und Nebenwirkungen. *Zend Case Study* 2007; 1-4.
349. Zhan C, Hicks RW, Blanchette CM, Keyes MA, Cousins DD. Potential benefits and problems with computerized prescriber order entry: analysis of a voluntary medication error-reporting database. *American Journal of Health-System Pharmacy* 2006; 63(4): 353-358.

8 Anhang

8.1 Schlagworte

Zur Bildung der Schlagwortgruppen siehe Abschnitt 6.4 (Methodik) und 8.3 (Suchstrategie)

8.2 Datenbanken

Zur den Datenbanken siehe Abschnitt 8.3 (Suchstrategie).

8.3 Suchstrategie

Die Datenbankabfrage erfolgte am 04.10.2007. In Tabelle 12 (Suchstrategie) findet sich die Suchstrategie für die 27 Datenbanken.

Tabelle 12: Suchstrategie

Nr.	Treffer	Suchformulierung
1		INAHTA; DAHTA; NHSEED; CDAR94; CDSR93; ME00; EM00; CB85; BA00; MK77; CCTR93; GA03; SM78; CV72; II98; ED93; AZ72; AR96; EA08; IS00; CC00; IN00; KR03; KL97; SP97; SPPP; TV01
2	36	CT=COMPUTERIZED PHYSICIAN# ORDER ENTRY
3	345	CT=COMPUTERIZED PHYSICIAN# ORDER ENTRY SYSTEM?
4	341	CT=CPOE
5	730	COMPUTERIZED PHYSICIAN# ORDER ENTRY
6	815	COMPUTER? PHYSICIAN# ORDER ENTRY
7	3	COMPUTERIZED PHYSICIAN ORDER ENTERING
8	203	COMPUTERIZED PHYSICIAN# ORDER ENTRY SYSTEM?
9	225	COMPUTER? PHYSICIAN# ORDER ENT? SYSTEM?
10	84	COMPUTERIZED ORDER-ENTRY SYSTEM?
11	84	COMPUTERIZED ORDER ENTRY SYSTEM?
12	0	COMPUTERIZED PHYSICIAN MEDICATION ORDER SYSTEM?
13	0	COMPUTER? PHYSICIAN# MEDICATION ORDER SYSTEM?
14	1394	PHYSICIAN# ORDER ENTRY
15	300	PHYSICIAN# ORDER ENTRY SYSTEM?
16	9	COMPUTERIZED DECISION SUPPORT INTERVENTION
17	781	CPOE
18	343	CPOE SYSTEM?
19	343	CPOE-SYSTEM?
20	99	COMPUTER? PRESCRIBER# ORDER ENTRY
21	28	COMPUTER? PRESCRIBER# ORDER ENTRY SYSTEM?
22	23	COMPUTERIZED PRESCRIPTION ORDER ENTRY
23	23	COMPUTER? PRESCRIPTION ORDER ENTRY
24	12	COMPUTERIZED PRESCRIPTION SYSTEM?
25	213	COMPUTER? PROVIDER# ORDER ENTRY
26	75	COMPUTER? PROVIDER# ORDER ENTRY SYSTEM?
27	12	INPATIENT CARE PROVIDER ORDER ENTRY
28	351	MEDICA? ORDER ENTRY SYSTEM?
29	361	ELECTRONIC PRESCRIBING
30	89	ELECTRONIC PRESCRIBING SYSTEM?
31	7	EPRESCRIBING
32	1	EPRESCRIBING SYSTEM?

Nr.	Treffer	Suchformulierung
33	4	EPRESCRIPTION#
34	0	EPRESCRIPTION SYSTEM?
35	187	ELECTRONIC PRESCRIPTION?
36	33	ELECTRONIC PRESCRIPTION? SYSTEM?
37	37	ELECTRONIC ORDER ENTRY
38	261	COMPUTER? ORDER ENTRY
39	92	COMPUTER ASSISTED DRUG THERAPY
40	621	COMPUTER-ASSISTED , DRUG THERAP?
41	429	CTG=COMPUTERGESTUETZTE ARZNEIMITTEL THERAPIE#
42	327	CTG=COMPUTERGESTUETZTES AERZTLICHES ORDER-ENTRY-SYSTEM
43	429	CTG=COMPUTERGESTÜTZTE ARZNEIMITTEL THERAPIE#
44	327	CTG=COMPUTERGESTÜTZTES ÄRZTLICHES ORDER-ENTRY-SYSTEM
45	0	COMPUTERGESTUETZTES VERORDNUNGSSYSTEM?
46	0	CTG=COMPUTERGESTUETZTE# VERORDNUNGSSYSTEM?
47	16	ELEKTRONISCHE# VERORDNUNG?
48	982	4 OR 17
49	3	121554-14-1 OR 2-CYANOPHENYL OCTYL ETHER
50	5	CPOE AND (CHEMISTRY OR CHEMICAL)/SAME SENT
51	7	49 OR 50
52	976	48 NOT 51
53	340	4 NOT 51
54	775	17 NOT 51
55	3289	2 OR 3 OR 5 OR 6 OR 7 OR 8 OR 9 OR 10 OR 11 OR 14 OR 15 OR 16 OR 18 OR 19 OR 20 OR 21 OR 22 OR 23 OR 24 OR 25 OR 26 OR 27 OR 28 OR 29 OR 30 OR 31 OR 32 OR 33 OR 35 OR 36 OR 37 OR 38 OR 39 OR 40 OR 41 OR 42 OR 43 OR 44 OR 45 OR 46 OR 47 OR 53 OR 54
56	2821	55 AND PY>=2002
57	2707	56 AND LA=(GERM OR ENGL)
58	1557	check duplicates: unique in s=57
59	1557	58
60	6	59 AND HEALTH TECHNOLOGY
61	1	59 AND HEALTH TECHNOLOGY ASSESS?
62	11	59 AND ASSESSMENT# , TECHNOLOGY
63	10	59 AND TECHNOLOGY ASSESS? , BIOMEDICAL
64	10	59 AND TECHNOLOGY , MEDICAL
65	0	59 AND HTA
66	14	59 AND (EVALUATION STUDIES AND TECHNOLOGY)
67	0	59 AND HEALTH CARE , TECHNOLOGY ASSESS?
68	0	59 AND HEALTH CARE , TECHNOLOGY EVALUAT?
69	0	59 AND HEALTH CARE EVALUAT?
70	2	59 AND TECHNOLOGIE , BIOMEDIZINISCHE
71	1	59 AND TECHNOLOGIE , MEDIZINISCHE
72	0	59 AND BEWERTUNG MEDIZINISCHER VERFAHREN
73	0	59 AND MEDICAL , TECHNOLOGY ASSESS?
74	0	F 59 AND TECHNOLOGI? , BEWERT?
75	0	59 AND TECHNOLOGI? , BEURTEIL?
76	1	59 AND EVALUATION # , MEDICAL?
78	0	59 AND EVALUATION # , HEALTH CARE

Nr.	Treffer	Suchformulierung
79	8	59 AND EVALUATION # , BIOMEDICAL?
80	39	60 OR 61 OR 62 OR 63 OR 64 OR 65 OR 66 OR 67 OR 68 OR 69 OR 70 OR 71 OR 72 OR 73 OR 74 OR 75 OR 76 OR 78 OR 79
81	4	59 AND REVIEW ARTICLE?
82	4	59 AND REVIEW-ARTICLE
83	0	59 AND REVIEW? , ACADEMIC?
84	18	59 AND REVIEW? , LITERATUR?
85	27	59 AND REVIEW? , SYSTEMATIC?
86	5	59 AND REVIEW? , PEER
87	312	59 AND REVIEW?
88	0	59 AND (ÜBERSICHTSLITERATUR OR UEBERSICHTSLITERATUR)
89	0	59 AND (ÜBERSICHTSARBEIT## OR UEBERSICHTSARBEIT##)
90	10	59 AND (META#ANALYS%S OR META-ANALYS%S)
91	0	59 AND METAANALYSE
92	312	81 OR 82 OR 83 OR 84 OR 85 OR 86 OR 87 OR 88 OR 89
93	10	90 OR 91
94	316	92 OR 93
95	67	59 AND RANDOMI%ED CONTROLLED TRIAL#
96	7	59 AND RANDOMI%ED CLINICAL TRIAL#
97	0	59 AND RANDOMISIERTE KONTROLLIERTE KLINISCHE STUDIE#
98	6	59 AND RANDOMISIERTE KONTROLLIERTE STUDIE#
99	0	59 AND RANDOMISIERTE KLINISCHE STUDIE#
100	3	59 AND RCT
101	1	59 AND RANDOM ALLOCATION?
102	0	59 AND SINGLE BLIND PROCEDURE?
103	0	59 AND SINGLE#BLIND METHOD
104	0	59 AND DOUBLE BLIND PROCEDURE?
105	0	59 AND DOUBLE#BLIND METHOD
106	0	59 AND (PLAZEBOEFFEKT OR PLAZEBO-EFFEKT)
107	3	59 AND (PLACEBO? OR PLAZEBO?)
108	25	59 AND RANDOMI%ED? ? CLINICAL? ? STUD?
109	22	59 AND RANDOMI%ED? ? CLINICAL? ? TRIAL?
110	48	59 AND RANDOMI%ED? ? STUD?
111	85	59 AND RANDOMI%ED? ? TRIAL?
112	6	59 AND RANDOMISIERT? ? STUDIE?
113	0	59 AND RANDOMISIERT? ? VERSUCH?
114	3	59 AND RANDOM? ? , ALLOCAT?
115	0	59 AND SINGLE#BLIND?
116	0	59 AND SINGLE BLIND?
117	0	59 AND DOUBLE#BLIND?
118	4	59 AND DOUBLE BLIND?
119	0	59 AND TRIPLE#BLIND?
120	0	59 AND TRIPLE BLIND?
121	0	59 AND EINFACH? AND (BLIND? OR VERBLIND?)
122	4	59 AND DOPPEL? AND (BLIND? OR VERBLIND?)
123	0	59 AND ZWEIFACH? AND (BLIND? OR VERBLIND?)
124	0	59 AND DREIFACH AND (BLIND? OR VERBLIND?)
125	10	59 AND (BLIND OR BLINDED) AND (STUD? OR TRIAL?)

Nr.	Treffer	Suchformulierung
126	10	59 AND (BLIND? OR VERBLIND?) AND (STUD? OR VERSUCH?)
127	0	59 AND 59 AN (SEMIBLIND? OR SEMIVERBLIND?) AND (STUD? OR TRIAL? OR VERSUCH?)
128	0	59 AND ZUFALL?
129	11	59 AND CROSS#OVER?
130	5	59 AND CROSS OVER?
131	0	59 AND (ÜBERKREUZ? OR UEBERKREUZ?)
132	2	59 AND MASK?
133	104	95 OR 96 OR 98 OR 100 OR 101 OR 107 OR 108 OR 109 OR 110 OR 111 OR 112 OR 114 OR 118 OR 122 OR 125 OR 126 OR 129 OR 130 OR 132
134	21	59 AND CONTROLLED CLINICAL TRIAL#
135	0	59 AND CONTROLLED CLINICAL TRIAL? , RANDOMI%ED
136	0	59 AND CONTROLLED CLINICAL STUD?
137	32	59 AND CONTROLLED? ? CLINICAL? ? TRIAL?
138	31	59 AND CONTROLLED? ? CLINICAL? ? STUD?
139	0	59 AND KLINISCHE STUDIE? , KONTROLLIERTE
140	0	59 AND KLINISCHE VERSUCH? , KONTROLLIERTE
141	0	59 AND KONTROLLIERT? ? KLINISCH? ? STUDIE?
142	0	59 AND KONTROLLIERT? ? KLINISCH? ? VERSUCH?
143	93	59 AND CONTROLLED? ? TRIAL?
144	86	59 AND CONTROLLED? ? STUD?
145	6	59 AND KONTROLLIERT? ? STUD?
146	0	59 AND KONTROLLIERT? ? VERSUCH?
147	132	134 OR 137 OR 138 OR 143 OR 144 OR 145
148	0	59 AND CCT
149	49	59 AND PROSPECTIVE , STUD?
150	32	59 AND PROSPEKTIVE , STUDIEN
151	49	59 AND PROSPE%TIVE (STUD? OR TRIAL?)
152	49	149 OR 150 OR 151
153	188	133 OR 147 OR 152
154	161	59 AND TRIAL#
155	679	59 AND (STUDY OR STUDIES)
156	38	59 AND VALIDATION STUD###
157	112	59 AND EVALUATION STUD###
158	68	59 AND CLINICAL TRIAL
159	86	59 AND REPORT
160	0	59 AND (RESEARCH ARTICLE# OR RESEARCH-ARTICLE#)
161	24	59 AND MULTICENTER STUDY
162	2	59 AND TECHNICAL REPORT
163	427	59 AND STUDIE?
164	1	59 AND VERSUCH?
165	263	59 AND REPORT?
166	0	59 AND RESEARCH ARTICLE?
167	2	59 AND TECHNICAL REPORT?
168	827	154 OR 155 OR 156 OR 157 OR 158 OR 159 OR 161 OR 162 OR 163 OR 164 OR 165 OR 167
169	157	59 AND ECONOMICS?
170	1	59 AND SOCIOECONOMICS

Nr.	Treffer	Suchformulierung
171	1	59 AND MODEL# , ECONOMIC
172	2	59 AND ECONOMIC , ASPECT#
173	3	59 AND HEALTH ECONOMICS
174	237	59 AND COST?
175	117	59 AND EFFICIENCY
176	88	59 AND EFFECTIVENESS
177	91	59 AND EFFICAC###
178	12	59 AND COST ANALYSIS
179	13	59 AND ECONOMIC EVALUATION?
180	3	59 AND HEALTH CARE FINANCING?
181	7	59 AND PHARMACOECONOMIC#
182	0	59 AND PHARMAKO%#KONOMI?
183	79	59 AND (ÖKONOMIE OR OEKONOMIE)
184	44	59 AND KOSTEN?
185	58	59 AND EFFIZIENZ##
186	0	59 AND GESUNDHEITS%#KONOMIE
187	0	59 AND MARKOV MODEL#
188	0	59 AND MARKOV PROCESS##
189	0	59 AND COHORT SIMULATION
190	0	59 AND DISCRETE#EVENT SIMULATION
191	0	59 AND MODELLE , ÖKONOMISCHE
192	0	59 AND MODELLE , OEKONOMISCHE
193	22	59 AND KOSTEN-NUTZEN-ANALYSE#
194	64	59 AND COST? , ? BENEFIT? AND (STUD? OR TRIAL? OR RATIO? OR ANALYSIS)
195	4	59 AND (COST? , ? UTILIT? AND (STUD? OR TRIAL? OR RATIO? OR ANALYSIS?))
196	18	59 AND (COST? , EFFECTIVENESS? AND (STUD? OR TRIAL? OR RATIO? OR ANALYSIS?))
197	1	59 AND (COST? , EVALUATION? AND (STUD? OR TRIAL? OR RATIO? OR ANALYSIS?))
198	0	59 AND (COST? , EFFICIENC? AND (STUD? OR TRIAL? OR RATIO? OR ANALYSIS?))
199	2	59 AND (COST? , ? EFFICAC? AND (STUD? OR TRIAL? OR RATIO? OR ANALYSIS?))
200	28	59 AND (COST? , ? EVALUATION? AND (STUD? OR TRIAL? OR RATIO? OR ANALYSIS?))
201	27	59 AND (COST? , ? EFFECTIVENESS? AND (STUD? OR TRIAL? OR RATIO? OR ANALYSIS?))
202	16	59 AND (COST? , ? EFFICIENC? AND (STUD? OR TRIAL? OR RATIO? OR ANALYSIS?))
203	59	59 AND (COST? , ? CONTROL? AND (STUD? OR TRIAL? OR RATIO? OR ANALYSIS?))
204	1	59 AND (COST? , ? MINIMI#ATION? AND (STUD? OR TRIAL? OR RATIO? OR ANALYSIS?))
205	2	59 AND (COST? , ? ILLNESS? AND (STUD? OR TRIAL? OR RATIO? OR ANALYSIS?))
206	52	59 AND (COST? , ? ANALYS? AND (STUD? OR TRIAL?))
207	24	59 AND (KOSTEN? , ? NUTZEN? AND (STUDIE? OR ANALYSE?))
208	1	59 AND (KOSTEN? , ? WIRKSAMKEIT? AND (STUDIE? OR ANALYSE?))
209	0	59 AND (KOSTEN? , ? EFFEKTIVIT? AND (STUDIE? OR ANALYSE?))
210	6	59 AND (KOSTEN? , ? EFFIZIENZ? AND (STUDIE? OR ANALYSE?))
211	6	59 AND (KOSTEN? ? ANALYSE?) AND STUDIE?
212	475	169 OR 170 OR 171 OR 172 OR 173 OR 174 OR 175 OR 176 OR 177 OR 178 OR 179 OR 180 OR 181 OR 182 OR 183 OR 184 OR 185 OR 193 OR 194 OR 195 OR 196 OR 197 OR 199 OR 200 OR 201 OR 202 OR 203 OR 204 OR 205 OR 206 OR 207 OR 208 OR 210 OR 211
213	2	59 AND ETHIC# , MED?
214	0	59 AND ETHIC# , CLINICAL

Nr.	Treffer	Suchformulierung
215	0	59 AND ETHICAL , ASPECT#
216	0	59 AND ETHICAL , ANALYS%S
217	1	59 AND ETHIK , MEDIZINISCHE
218	0	59 AND ETHIK , KLINISCHE
219	0	59 AND VERHALTENSREGELN , ETHISCHE
220	0	59 AND ANALYSE , ETHISCHE
221	0	59 AND BIOETHIK
222	0	59 AND BIOETHIC?
223	0	59 AND FRAGESTELLUNGEN , BIOETHISCHE
224	2	213 OR 217
225	0	59 AND HUMAN RIGHT#
226	1	59 AND JUSTICE
227	0	59 AND JUSTICE , SOCIAL?
228	0	59 AND MENSCHENRECHTE
229	0	59 AND RECHTE
230	0	59 AND RECHTSASPEKT#
231	26	59 AND RECHTSPRECHUNG
232	0	59 AND LEGAL? ? REGULATION?
233	14	59 AND LAW#
234	31	59 AND LEGISLATION
235	25	59 AND JURISPRUDENCE
236	29	59 AND GESETZ?
237	25	59 AND GESETZGEBUNG
238	47	226 OR 231 OR 233 OR 234 OR 235 OR 236 OR 237
239	0	59 AND KLINISCH? STUDIE? , KONTROLLIERT?
240	0	59 AND KLINISCH? VERSUCH? , KONTROLLIERT?
241	0	59 AND MODELL# , OEKONOMISCH?
242	0	59 AND MODELL# , ÖKONOMISCH?
243	39	S=80
244	316	S=94
245	188	S=153
246	475	S=212
247	2	S=224
248	47	S=238
249	791	243 OR 244 OR 245 OR 246 OR 247 OR 248
250	791	check duplicates: unique in s=249
251	827	S=168
252	827	check duplicates: unique in s=251
253	1113	249 OR 252
254	1113	check duplicates: unique in s=253
255	322	254 NOT 250
256	322	check duplicates: unique in s=255

8.4 Tabellen

8.4.1 Tabellen zur medizinischen Bewertung

8.4.1.1 Metaanalysen (MA) und systematische Übersichtsarbeiten (SR)

Tabelle 13: Rommers et al. (2007)

Preventing adverse drug events in hospital practice: an overview²⁶⁵	
Ziel/Fragestellung	Evaluierung verschiedener Methoden zur Vermeidung von UAE
Design	Systematische Übersichtsarbeit
Literaturdatenbanken	PubMED
Suchzeitraum	1990 bis 2007
Methodik (soweit angegeben)	Referenzen aller durch die Suche in Pubmed gelieferten Artikel werden auf zusätzliche Artikel durchsucht. Selektion von Artikeln, die die derzeitige Praxis darstellen und die Interessen der Autoren hinsichtlich CPOE, CDSS und Beteiligung von Pharmazeuten unterstützen.
Eingeschlossene Primärstudien	Zu CPOE mit CDSS: 6 Studien: Kaushal et al. 2003; Bates et al. 1998 und 1999; Colpaert et al. 2007: Reduktion der Medikationsfehlerrate; Han et al. 2005; Koppel et al. 2005: neue Fehler, die durch CPOE entstehen. Zu CPOE mit CDSS und Kontrollsystemen: 3 Studien: Raschke et al. 1998; Silverman et al. 2004; Van der Sijs et al. 2006: Evaluation von Warnungen.
Einschlusskriterien (soweit angegeben)	Artikel, die UAE und Medikationsfehler und/oder UAW betreffen.
Ausschlusskriterien	Artikel, die den niedergelassenen Bereich betreffen.
Beschreibung des CPOE	Keine weiteren Angaben. CPOE mit CDSS und CPOE mit CDSS und zusätzlichen Kontrollsystemen mit Warnungen.
Beschreibung des CDSS	Keine weiteren Angaben.
Definition der Endpunkte	UAE
Datenextraktion und Analyse	Studien wurden in 5 Kategorien eingeteilt: Studien zu Fehleranalyse, Einsatz von Pharmazeuten, CPOE + CDSS, CPOE + CDSS mit computerisiertem Kontrollsystem, Vernetzung von Labor- und Pharmazieinformationssystemen.
Mögliche Interessenkonflikte der Autoren	Finanzielle Unterstützung der Niederländischen Vereinigung der Krankenhauspharmazeuten (Dutch Society of Hospital pharmacists) und der Niederländischen Vereinigung der Krankenhausärzte (Dutch Society of Hospital Physicians) für Forschung zu UAE und Medikationssicherheit.
Schlussfolgerungen	CPOE ist hilfreich, um UAE zu vermeiden, muss aber kontinuierlich überprüft und verbessert werden. Ein Systemansatz zur Reduzierung von UAE wird vorgeschlagen, z. B. CPOE mit hochentwickeltem CDSS und patientenorientierter Unterstützung durch Pharmazeuten. Eine Vernetzung von Pharmazie und Labordaten wird befürwortet.
Bemerkungen	Sehr breite Fragestellung.

CDSS = Computerized decision support system. CPOE = Computerized physician order entry. K. A. = Keine Angaben. UAE = Unerwünschtes Arzneimittelereignis.

Quelle: Rommers et al.²⁶⁵, ÖBIG-FP-eigene Darstellung

Tabelle 14: Chedoe et al. (2007)

Incidence and Nature of Medication Errors in Neonatal Intensive Care with Strategies to Improve Safety. A Review of the Current Literature⁵⁷	
Ziel/Fragestellung	Evaluierung der Literatur zu Medikationsfehlerfrequenz und -typ sowie von Strategien zur Verbesserung der Medikationssicherheit
Design	Systematische Übersichtsarbeit
Literaturdatenbanken	PubMED, EMBASE
Suchzeitraum	1975–2006
Methodik (soweit angegeben)	Referenzen der durch die Suche gelieferten Artikel werden auf zusätzliche Artikel durchsucht.
Eingeschlossene Primärstudien	3 Artikel evaluieren CPOE in Frühgeborenen-Intensivstationen Cordero et al. 2004. Myers et al. 1998; Lucas 2004

Fortsetzung Tabelle 14: Chedoe et al. (2007)

Einschlusskriterien (soweit angegeben)	Primärstudien in englischer Sprache
Ausschlusskriterien	Artikel, die den niedergelassenen Bereich betreffen
Beschreibung des CPOE	Keine weiteren Angaben
Beschreibung des CDSS	Keine weiteren Angaben
Definition der Endpunkte	K. A.
Datenextraktion und Analyse	Studien wurden in 3 Kategorien eingeteilt: Studien zu Fehleranalyse, Einsatz von Pharmazeuten, CPOE mit und ohne CDSS.
Mögliche Interessenkonflikte der Autoren	Keine
Schlussfolgerungen	Mehr Forschung ist nötig, um die Fragestellung zu beantworten. Etablierung von klaren Definitionen von Medikationsfehlern ist nötig sowie Erzielen einer Übereinstimmung darin, wie Fehlerraten gemessen werden, und Bestimmung des potenziellen klinischen Einflusses von Medikationsfehlern.
Bemerkungen	Keine

CDSS = Computerized decision support system. CPOE = Computerized physician order entry. K. A. = Keine Angaben.

Quelle: Chedoe et al.⁵⁷, ÖBIG-FP-eigene Darstellung

Tabelle 15: Rothschild 2004

Computerized Physician Order Entry in the Critical Care and General Inpatient Setting: A Narrative Review²⁷²	
Ziel/Fragestellung	Evaluierung des Einflusses von CPOE auf klinische und surrogate Endpunkte
Design	Systematische Übersichtsarbeit
Literaturdatenbanken	MEDLINE, PREMEDLINE, EMBASE, All EBM Reviews, Handsuche
Suchzeitraum	1966–2003
Methodik (soweit angegeben)	Referenzen der durch die Suche gelieferten Artikel werden auf zusätzliche Artikel durchsucht.
Eingeschlossene Primärstudien	18 7 Studien zu CPOE und AM-Verordnung (Bates et al. 1998; Bates et al. 1999; Chertow et al. 2001; Evans et al. 1998; Mullett et al. 2001; Shojania et al. 1998; Teich et al. 2000). 4 Studien zu CPOE und Laboruntersuchungsverordnung und Ergebnismanagement (Bates et al. 1997; Bates et al. 1999b; Overhage et al. 1997; Paltiel et al. 2003). 8 Studien zu CPOE und Schadensvermeidung und Ressourcengebrauch (Cornia et al. 2003; Dexter et al. 2001; Durieux et al. 2000; Mekjijian et al. 2002; Overhage et al. 1996; Shea et al. 1995; Teich et al. 2000; Tierney et al. 1993).
Einschlusskriterien (soweit angegeben)	Prospektive randomisierte kontrollierte Studien Prospektive Beobachtungsstudien mit Kontrollen Systematische Übersichtsarbeiten und Metaanalysen, sofern auf stationären Bereich und CPOE beschränkt.
Ausschlusskriterien	Studien im niedergelassenen Bereich Nicht-randomisierte, gleichlaufende (concurrent) Studien, prospektive Studien ohne Kontrollen, retrospektive Studien.
Beschreibung des CPOE	Keine weiteren Angaben. CPOE mit und ohne CDSS.
Beschreibung des CDSS	Keine weiteren Angaben.
Definition der Endpunkte	Klinische Endpunkte: Mortalität, Morbidität, UAE, Hospitalisierungsdauer. Surrogat-Endpunkte: Medizinische Fehler, Kosten, Laborergebnisse in Zusammenhang mit Compliance mit Richtlinien und best practice der Institution.

Fortsetzung Tabelle 15: Rothschild 2004

Datenextraktion und Analyse	Studien werden je nach Verwendung des CPOE in 3 Kategorien eingeteilt (siehe oben). Aufgrund der Heterogenität der Studiendesigns und Endpunkte der eingeschlossenen Studien erfolgt keine quantitative Datensynthese.
Mögliche Interessenkonflikte der Autoren	K. A.
Schlussfolgerungen	Studien werden benötigt, die den Nutzen von vermehrter patientenspezifischer CDSS und der Integration von CPOE in ein drahtloses, computerisiertes Medikationsadministrationssystem demonstrieren.
Bemerkungen	Keine

AM-Verordnung = Arzneimittelverordnung. CDSS = Computerized decision support system. CPOE = Computerized physician order entry. K. A. = Keine Angaben. UAE = Unerwünschtes Arzneimittelereignis.

Quelle: Rothschild et al.²⁷², ÖBIG-FP-eigene Darstellung

Tabelle 16: Kaushal et al. (2003)

Effects of Computerized Physician Order Entry and Clinical Decision Support Systems on Medication Safety¹⁶⁴	
Ziel/Fragestellung	Evaluierung des Einflusses von CPOE und CDSS auf Medikationssicherheit
Design	Systematische Übersichtsarbeit
Literaturdatenbanken	MEDLINE, Cochrane Library, Handsuche
Suchzeitraum	K. A.
Methodik (soweit angegeben)	Selektion der Volltexte und Zuordnung zu einer der unten angeführten Evidenzebenen von zwei Reviewern mit anschließender Konsensfindung bei unterschiedlichen Bewertungen. Der Evidenzlevel wird entsprechend dem „University of California San Francisco-Stanford Evidence-Based Practice Center for the evaluation of study design and measured outcomes“ festgelegt.
Eingeschlossene Primärstudien	5 Studien (Jahre 1997–2001) CPOE mit CDSS: Bates et al. 1998, 1999; Overhage et al. 1997; Teich et al. 2000, Chertow et al. 2001. 7 Studien (Jahre 1986–1998) nur CDSS
Einschlusskriterien (soweit angegeben)	Minimum Level 3 für Studiendesign und Level 2 bzw. Level 2/3 für Endpunkte. Klassifikation des Studiendesigns: <ul style="list-style-type: none"> • Evidenzebene 1: randomisierte, kontrollierte Studien • Evidenzebene 2: nicht-randomisierte, kontrollierte Studien • Evidenzebene 3: Beobachtungsstudien mit Kontrollen Klassifikation der Endpunkte: <ul style="list-style-type: none"> • Evidenzebene 1: klinischer Endpunkt • Evidenzebene 2: Surrogatendpunkt • Evidenzebene 3: andere Endpunkte (messbare Variablen mit indirektem oder nicht etabliertem Zusammenhang mit dem Endpunkt für Sicherheit)
Ausschlusskriterien	K. A.
Beschreibung des CPOE	Keine weiteren Angaben. CPOE mit CDSS und nur CDSS.
Beschreibung des CDSS	Keine weiteren Angaben.

Fortsetzung Tabelle 16: Kaushal et al. (2003)

Definition der Endpunkte	<p><u>Klinische Endpunkte:</u> UAE: Schäden, die auf Medikamente zurückzuführen sind. Vermeidbare UAE: UAE, die mit einem Medikationsfehler assoziiert sind (z. B. Ausschlag nach Verabreichung von Penicillin an einen Patienten, von dem man weiß, dass er auf Penicillin allergisch ist). Unvermeidbare UAE: Ausschlag nach Verabreichung von Penicillin an einen Patienten, der keine bekannten Allergien hat.</p> <p><u>Surrogatendpunkte:</u> MF: Fehler im Prozess der Verordnung, Transkription, Ausgabe, Verabreichung oder Kontrolle von Medikationen (z. B. Verordnung für Acetaminophen ohne Angabe einer Verabreichungsrouten). Pot. UAE: MF mit signifikantem Potenzial, einem Patienten zu schaden. Vermiedene pot. UAE: Morphin-Überdosis wird erkannt und korrigiert, bevor sie dem Patienten verabreicht wird. Nicht-vermiedene pot. UAE: Morphin-Überdosis wird verabreicht, aber der Patient hat keine Komplikationen.</p>
Datenextraktion und Analyse	<p>Studien wurden in 2 Kategorien eingeteilt: CPOE + CDSS und CDSS allein</p> <p>Qualität der Studien wird wegen Heterogenität nicht quantitativ bewertet.</p>
Mögliche Interessenkonflikte der Autoren	<p>Teile der Arbeit basieren auf Zusammenarbeit der Autoren mit der University of California San Francisco-Stanford Evidence-Based Practice Center für eine Untersuchung für die Agency for Healthcare Research and Quality, Rockville, Md, USA.</p> <p>Einer der Autoren ist an einem Patent für CDSS beteiligt und an einer Firma, die CDSS entwickelt. Außerdem ist er Consultant und Mitglied des Beratungskomitees für eine Firma, die Krankenhäuser darin unterstützt, UAE zu vermeiden.</p>
Schlussfolgerungen	Die Verwendung von CPOE kann die Anzahl der Medikationsfehler reduzieren. Es fehlen Studien zu kommerziellen Systemen. Faktoren für eine erfolgreiche Implementierung sollten identifiziert werden.
Bemerkungen	Autoren verweisen darauf, dass die meisten Studien zu CPOE zwei intern entwickelte Systeme untersuchen, die meisten Krankenhäuser aber kommerzielle Systeme verwenden.

CDSS = Computerized decision support system. CPOE = Computerized physician order entry. K. A. = Keine Angaben. MF = Medikationsfehler. UAE = Unerwünschtes Arzneimittelereignis. Pot. UAE = Potenzielles unerwünschtes Arzneimittelereignis.

Quelle: Kaushal et al.¹⁶⁴, ÖBIG-FP-eigene Darstellung

Tabelle 17: Tabelle zur Qualitätsbewertung für systematische Übersichtsarbeiten

Checkliste (siehe 6.4.3)	Rommers et al. (2007)	Chedoe et al. (2007)	Rothschild (2004)	Kaushal et al. (2003)
1	Eingeschränkt	Eingeschränkt	Ja	Ja
2	Ja	Ja	Ja	Ja
3	Ja	Ja	Ja	Ja
4	K. A.	K. A.	K. A.	Ja
5	Nein	Eingeschränkt	Eingeschränkt	Ja
6	Nein	Ja	Ja	Ja
7	Nein	Ja	Ja	Ja
8	Eingeschränkt	Eingeschränkt	Eingeschränkt	Eingeschränkt

K. A. = Keine Angaben.

Quelle: ÖBIG-FP-eigene Darstellung

8.4.1.2 Primärstudien

Tabelle 18: Mahoney et al. (2007)

Titel: Effects of an integrated clinical information system on medication safety in a multi-hospital setting¹⁹⁹	
Forschungsfrage(n)/ Studienziel(e)	Evaluierung des Einflusses eines kommerziellen klinischen Informationssystems auf die Medikationsfehlerrate.
Methodik	
Studiendesign	Prospektiv
Einschluss-/Ausschlusskriterien	K. A.
Rekrutierung	K. A.
Verblindung	K. A.
Statistische Analyse	Chi-Quadrat-Test für p-Werte, Stata version 9 (Stata Corp., College Station, Texas, USA).
Endpunkte	Reduktion von Medikationsfehlern Reduktion der Reaktionszeit für Verordnungen
Technische Charakteristika des CPOE	Siemens Medical Solutions (Siemens Medical Solutions Health Services Corp., Malvern, PA, USA). Vernetzt mit anderen IT-Systemen zu Laborergebnissen, Radiologie, Patientenerhebung Vernetzt mit Pharmazieinformationssystem (Pharmacy Clinical Workstation, Siemens Medical Solutions Health Services Corp.): erstellt Warnungen auf der Basis von Laborergebnissen und verschriebener Medikation; stellt Maximal-Dosis-Warnungen bereit. Kontinuierliche Kontrolle des Patientenstatus. Verordnungssets für spezifische Krankheiten bzw. Behandlungen. Zusätzlich existiert ein EDDS (elektronisches Medikationsausgabe-System) und ein Strichcode-Medikationsverabreichungssystem.
Technische Charakteristika des CDSS	Warnungen zu Allergien, Doppelverordnungen, medikationsspezifische Warnungen zu Dosierung, notwendiger Kontrolle. Regelsoftware (rules engine software, Siemens) für Metformin und Colchicin bei Patienten mit Serum Creatinin > 1,5 mg/dl.
Setting	
Land	USA
Beobachtungszeitraum	Februar 2002 bis Juni 2006.
Krankenhaus	RIH, The Miriam Hospital (TMH): beides Lehrkrankenhäuser
Betten	719 (RIH); 247 (TMH)
Abteilungen, in denen CPOE verwendet wird	Die Systeme werden nach und nach in den verschiedenen Stationen der Krankenhäusern implementiert.
Zeitpunkt nach CPOE-Implementierung	Implementierung erfolgte über mehrere Jahre.
Anzahl der Benutzer	K. A.
Training	Software-Demos, Online-Tutorials, Verteilung von kurzen Informationsbroschüren mit Tipps zur Eingabe von Verordnungen, praktisches Training
IT-Support	IT-Team begleitet Implementierung.
Evaluierung	Etabliertes System für Medikationsfehlerbericht wird für Datensammlung und Dokumentation verwendet; Quelle für vermiedene Fehler ist die Dokumentation von Interventionen der klinischen Pharmazeuten (eingeschlossen werden nur Interventionen, die vom Arzt akzeptiert werden und zu einer Änderung der Verordnung führen). Quellen für nicht vermiedene Fehler sind freiwillige Fehlerberichte der Belegschaft und eine Überprüfung der elektronischen Verabreichungsfehlerberichte.
Klassifikation der Fehler	Durch CDSS und durch CDSS/Rules Engine Software vermiedene Fehler
Überprüfung der Evaluation	K. A.
Untersuchte Verordnungen	
Anzahl	1.452.346 vorher vs. 1.390.789 nachher
Auftraggeber/Sponsoren	K. A.

Fortsetzung Tabelle 18: Mahoney et al. (2007)

Anzahl der Fehler	Einfluss von CPOE und CDSS auf Medikationsfehler:		
		Anzahl der Verordnungsfehler	
Indikator	Vorher	Nachher	p-Wert
CDSS			
Allergie	833	109	< 0,001
Überdosis	1.341	871	< 0,001
Doppelverordnung	665	584	0,127
Unklare oder unvollständige Verordnung	1.976	663	< 0,001
Rules Engine Software CDSS			
Colchicin Dosierungsanpassung	44	26	0,078
Metformin Dosierungsanpassung	101	66	< 0,001
Diskussion von Biasformen	K. A.		
Schlussfolgerung(en) der Autoren	Integration von klinischen IT-Systemen verringert ausgewählte Medikationsfehler und verbessert durch CDSS-Warnungen die therapeutische Kontrolle von Patienten mit Niereninsuffizienz und von Patienten, die Medikamente mit engem therapeutischen Dosierungsspielraum erhalten.		

CDSS = Computerized decision support system. Corp. = Corporation. CPOE = Computerized physician order entry. EDDS = Elektronisches Medikationsausgabesystem. IT = Informationstechnik. K. A. = Keine Angaben. PA = Pennsylvania. RIH = Rhode Island Hospital. TMH = The Miriam Hospital. UAE = Unerwünschtes Arzneimittelereignis. USA = United States of America, dt.: Vereinigte Staaten von Amerika.

Quelle: Mahoney et al.¹⁹⁹, ÖBIG-FP-eigene Darstellung

Tabelle 19: Colpaert et al. 2006

Titel: Impact of computerized physician order entry on medication prescription errors in the intensive care unit: a controlled cross-sectional trial⁶⁷	
Forschungsfrage(n)/ Studienziel(e)	Evaluierung und Vergleich der Inzidenz und Schwere von MVF zwischen einem Teil der Intensivstation mit CPOE und moderatem Level von CDSS und einem Teil, der Papierverordnungen verwendet
Methodik	
Studiendesign	Prospektive, kontrollierte Querschnittsstudie
Einschluss-/Ausschlusskriterien	<u>Einschlusskriterien:</u> K. A. <u>Ausschlusskriterien:</u> K. A.
Rekrutierung	Patienten werden randomisiert von einer unabhängigen Krankenschwester einer der Abteilungen zugeteilt.
Verblindung	Ärzte und Pflegepersonal wissen nichts von der Studie.
Statistische Analyse	Primärer Endpunkt: Unterschied in Inzidenz und Schwere von MVF in den Abteilungen Sekundäre Endpunkte: univariate Korrelationen zwischen Patientencharakteristika und der Anzahl der MVF. Non-parameter-Daten mit Kruskal-Wallis- und Mann-Whitney-U-Tests analysiert. Daten als Mediane präsentiert. Nominaldaten verglichen mit Chi-Square-Analyse oder Fisher's Exact Test. Korrelationen zwischen kontinuierlichen Variablen mit Spearman's Rank Correlation Test berechnet. Alle Tests zweiseitig, $p < 0,05$ für Signifikanz. Alle Analysen mit SPSS 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) berechnet.
Endpunkte	MVF (geringfügig: unvollständige Verordnung, kein potenzieller Schaden für den Patienten; vermieden: potenzieller Fehler, der den Patienten nicht erreicht hat; schwerwiegend: nicht-vermiedenes, potenzielles UAE; UAE).

Fortsetzung Tabelle 19: Colpaert et al. 2006

Technische Charakteristika des CPOE	Centricity Critical Care Clinisoft, (GE Healthcare Europe, Helsinki, Finland). Verbindung zu Monitoren, Ventilatoren, Injektionspumpen, Krankenhausinformationssystem für administrative Patientendaten und Laborergebnisse
Technische Charakteristika des CDSS	Funktionalität: <ul style="list-style-type: none"> • Protokolle für spezifische Patientengruppen • Vorschlag der häufigsten Verordnung und Dosis bei Medikationsauswahl, mit verschiedenen Dosierungen z. B. für niereninsuffiziente Patienten • Dialogfenster mit klinisch wichtigen Medikationsinteraktionen • Warnung zu möglicherweise lebensbedrohlichen Komplikationen • Hinweis auf Allergien des Patienten • Keine Real-Time-Warnungen bezüglich Dosisänderungen für veränderte Organfunktion
Setting	
Land	Belgien
Beobachtungszeitraum	5 Wochen (21.03.2004 bis 28.04.2004)
Krankenhaus	Universitätsklinik für Tertiärversorgung
Betten	22
Abteilungen, in denen CPOE verwendet wird	Intensivstation: insgesamt 22 Betten, davon: Abteilungen ohne CPOE (14 Betten) (NoCP) Abteilung mit CPOE (8 Betten) (CP)
Zeitpunkt nach CPOE-Implementierung	10 Monate
Anzahl der Benutzer	8 Ärzte; rotieren regelmäßig zwischen den Abteilungen
Training	K. A.
IT-Support	K. A.
Evaluierung	<p>Chirurgischer klinischer Pharmazeut mit Erfahrung in Medikationsfehlern überprüft jede Verordnung zufällig ausgewählter Patienten und notiert alle möglichen MPE. Information aus Krankenblatt und Labordaten.</p> <p>Fehlersuche nach:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medikationsname (unleserlich, Abkürzung, falscher Name) • Dosierung (Überdosis, Underdosierung, keine Dosis angegeben) • Dosierungsintervall (falsche Intervalle, kein Intervall angegeben) • Pharmazeutische Form • Zubereitungsangaben (falsches oder fehlendes Lösungsmittel, falls nicht auf Patientenakte angegeben) • Adäquate Medikationskontrolle (keine oder falsche Kontrolle, falls nach normaler Krankenhauspraxis notwendig) • Verabreichungsrouten (falsche Route, keine Route angegeben) • Infusionsrate (falsche Rate, keine Rate angegeben) • Doppelverordnung • Klinisch wichtige Medikationsinteraktionen • Kontraindikationen für das verschriebene Medikament • Bekannte Allergie gegen das verschriebene Medikament <p>Die Angemessenheit der verschriebenen Medikation wird nicht betrachtet. Transkriptionsfehler in den NoCP werden mit einbezogen. Fehler werden innerhalb von 24 h nach der Verordnung identifiziert.</p> <p>Klinische Richtlinien (Up to Date) und Interaktionsdatenbank (Thomson Micromedex; Physician Desk Reference). Nierenfunktion wird für jeden Patienten überprüft; Nierenversagen definiert als berechnete Kreatinin-Clearance von 50 ml/min.</p>

Fortsetzung Tabelle 19: Colpaert et al. 2006

Klassifikation der Fehler	Arten, Kategorien und mögliche Ursachen nach Richtlinien des National Coordinating Council for Medication Error Reporting and Prevention (NCC MERP). Klassifikation der Fehler nach angepasstem numerischen Stufensystem, basierend auf NCC-MERP-Taxonomie.			
Überprüfung der Evaluation	Unabhängiges Team (1 klinischer Pharmazeut, 2 Intensivpflege-Spezialisten) evaluiert die Schwere von MVF mindestens 1 Monat nach dem Screening. Team war verblindet bezüglich Patientendaten und Zuteilung zu Abteilungen. Konsensusfindung durch Diskussion.			
Untersuchte Verordnungen				
Anzahl	1.286 mit CPOE; 1.224 ohne CPOE			
Auftraggeber/Sponsoren	K. A.			
Wesentliche Ergebnisse				
Anzahl der Fehler		Mit CPOE	Ohne CPOE	p-Wert
	MVF	44; 3,4 %	331; 27,0 %	< 0,001
	Geringfügige MVF	9	225	
	Pro 100 Verordnungen	0,7	18	
	Vermiedene MVF	12	46	< 0,001
	Pro 100 Verordnungen	0,9	3,8	
	Nicht vermiedene pot. UAE	21	48	< 0,001
	Pro 100 Verordnungen	1,6	3,9	
	Gesamt UAE	2	12	< 0,01
	Pro 100 Verordnungen	0,15	1,0	
	Vermiedene MVF und schwerwiegende MVF	35	106	< 0,001
	Schwerwiegende MVF	23	60	< 0,001
Diskussion von Biasformen	Ärzte arbeiten in beiden Abteilungen, es kommt möglicherweise zu einem Lerneffekt durch das CPOE hinsichtlich korrekter Verordnung, der sich in der Station ohne CPOE auf die Fehlerrate auswirkt. Einige Patienten wurden zumindest zweimal auf Medikationsfehler gescreent.			
Schlussfolgerung(en) der Autoren	CPOE mit CDSS führt zu einer signifikanten Reduktion der Inzidenz und Schwere von Medikationsverordnungsfehlern. Geringfügige Fehler können durch CPOE am einfachsten verhindert werden. Evaluierung des CPOE führt zur Identifizierung von neuen Fehlern, die korrigiert werden konnten. Die Wichtigkeit, neu installierte Systeme zu evaluieren, wird betont. Um verschiedene Studien vergleichbar zu machen, wird eine standardisierte Methode der Fehlerklassifikation und -detektion gefordert.			

CDSS = Computerized decision support system. CPOE = Computerized physician order entry. K. A. = Keine Angaben.
IT = Informationstechnik. MVF = Medikationsverordnungsfehler. NCC MERP = National coordinating council for medication error reporting and prevention. UAE = Unerwünschtes Arzneimittelereignis.

Quelle: Colpaert et al.⁶⁷, ÖBIG-FP-eigene Darstellung

Tabelle 20: Oliven et al. (2005)

Titel: Prevention of prescription errors by computerized, on-line surveillance of drug order entry²³⁷	
Forschungsfrage(n)/ Studienziel(e)	Evaluierung der verschiedenen Komponenten eines CPOE hinsichtlich ihres Potenzials, Fehler zu vermeiden, und Evaluierung der Wichtigkeit einer Vernetzung mit Patientendaten. Evaluierung der Gründe für verbleibende Fehler in einer Abteilung, die CPOE seit Jahren verwendet.
Methodik	
Studiendesign	Prospektiv
Einschluss-/Ausschlusskriterien	K. A.
Rekrutierung	Fast ausschließlich Aufnahmen in die Notfallstation, die auf die beiden internen Stationen aufgeteilt werden.
Verblindung	K. A.
Statistische Analyse	Vergleich der Patientenpopulation durch One-way-ANOVA. Forced-steps-Regressionsanalyse, um Einfluss der Hospitalisierungsdauer, durchschnittliche Anzahl der täglich verabreichten Medikamente und Alter auf die Fehlerinzidenz zu untersuchen. Alle Analysen mit SPSS.
Endpunkte	Medikationsverordnungsfehler; Gründe für Fehler
Technische Charakteristika des CPOE	Enthält Medikations-, Patientendatenbank, die mit administrativen und Labordatenbanken vernetzt ist. Medikationsdatenbank: enthält alle Medikamente, die im Krankenhaus verfügbar sind, sowie korrekte Dosierung und Verabreichungsfrequenzen; bis zu 2 Hinweise sind mit jedem Medikament verbunden, z. B. für nötige Überwachung des Patienten; Information zum Medikament und Behandlungsrichtlinien, z. B. mögliche Nebenwirkungen und Risiken, sind auf Mausclick verfügbar. Die Verordnung kann erst ausgedruckt werden, nachdem ein Überprüfung auf Wechselwirkungen mit anderen Medikamenten erfolgte.
Technische Charakteristika des CDSS	Patienten-Datenbank: bietet Warnungen zu Allergien, Indikation und Laborwerten, erscheinen automatisch nach Auswahl des Medikamentes. Verordnung kann nur erfolgen, wenn Daten zu Patienten vorhanden (Allergien, Krankheiten, bei denen die Verabreichung bestimmter Medikamente kontraindiziert ist). Alle Blutwerte werden automatisch gespeichert und kontinuierlich auf den neuesten Stand gebracht. Warnungen zu abnormalen Laborwerten und bei eingeschränkter Nierenfunktion werden bereitgestellt (inklusive der angepassten Dosis für alle Creatininwerte).
Setting	
Land	Israel
Beobachtungszeitraum	Über 6 Monate
Krankenhaus	Bnai-Zion Medical Center, Universitätsklinik
Betten	Zwei Stationen für interne Medizin, je 44 Betten
Abteilungen in denen CPOE verwendet wird	Interne Medizin
Zeitpunkt nach CPOE-Implementierung	3 Jahre nach Implementierung
Anzahl der Benutzer	K. A.
Training	K. A.
IT-Support	K. A.
Evaluierung	Tägliche Überprüfung der Patientenakte mit Checkliste durch einen geschulten Arzt; Fehler werden auf eigenen Formularen eingetragen.
Klassifikation der Fehler	Verordnungsfehler, Medikationsfehler, potenzielle UAE. Fehler Typ 1: falsch geschriebener Name des Medikaments, falsche oder fehlende Dosis oder Dosierungsintervall, Transkriptionsfehler, Medikationswechselwirkungen Fehler Typ 2: Wechselwirkungen Medikation/Allergie, Medikation/Krankheit, Medikation/Laborwert

Fortsetzung Tabelle 20: Oliven et al. (2005)

Überprüfung der Evaluation	Diskussion der Fehler mit den entsprechenden Ärzten: Wenn diese zustimmen, dass die Verordnung inkorrekt war, wird der Fehler korrigiert. Wird keine Übereinstimmung erzielt, wird ein weiterer Arzt hinzugezogen. Danach werden die Fehlerformulare von einem Prüfarzt überprüft, um sicherzustellen, dass alle Fehler gemäß Protokoll registriert wurden.			
Untersuchte Verordnungen				
Anzahl	4.969 Krankenhaustage in der Station ohne CPOE 5.033 Krankenhaustage in der Station mit CPOE			
Auftraggeber/Sponsoren	K. A.			
Anzahl der Fehler	Inzidenz der Verordnungsfehler in den beiden Stationen (durchschnittliche Fehlerzahl pro Patient (95%-Konfidenzintervall))			
		Ohne CPOE	Mit CPOE	p-Wert
	Falsche Dosis oder Dosierungsintervall*	0,11 (0,08–0,13)	0,02 (0,01–0,03)	< 0,0001
	Medikationswechselwirkung	0,08 (0,06–0,11)	0,04 (0,02–0,05)	< 0,01
	Transkriptionsfehler	0,22 (0,17–0,26)	0,04 (0,02–0,05)**	< 0,0001
	Alle Fehler Typ 1	0,41 (0,35–0,47)	0,10 (0,07–0,12)	< 0,001
	Wechselwirkung Medikament/Laborwert	0,50 (0,43–0,57)	0,18 (0,14–0,22)	< 0,0001
	Wechselwirkung Medikament/Krankheit	0,05 (0,03–0,07)	0,02 (0,01–0,03)	< 0,01
	Wechselwirkung Medikament/Allergie	0,02 (0,01–0,03)	0,02 (0,01–0,02)	Nicht signifikant
	Alle Fehler Typ 2	0,56 (0,49–0,64)	0,21 (0,17–0,25)	< 0,0001
		* ohne falsche Dosis wegen fehlender Anpassung an Niereninsuffizienz ** Fehler, die infolge handschriftlicher Notizen auf gedruckten Verordnungen entstehen		
Diskussion von Biasformen	K. A.			
Schlussfolgerung(en) der Autoren	Vernetzung des CPOE mit Patientenakten ist äußerst wichtig. Vernetzung des CPOE mit der Datenbank für Laborwerte ist am wichtigsten. Eine kleine Anzahl an Labortests ist für die Vermeidung der meisten Fehler relevant. Die Bereitstellung von Erklärungen und Instruktionen (z. B. für Dosierungsanpassung bei Niereninsuffizienz) ist unzureichend, automatisierte Entscheidungshilfen sollten bereitgestellt werden. CPOE sollte mit einem Warnsystem kombiniert sein, damit neue Laborwerte sofort beachtet werden können.			

CDSS = Computerized decision support system. CPOE = Computerized physician order entry. K. A. = Keine Angaben. SPSS = Statistical Package for the Social Sciences = Softwareprogramm und -firma. UAE = Unerwünschtes Arzneimittelereignis.

Quelle: Oliven et al.²³⁷, ÖBIG-FP-eigene Darstellung

Tabelle 21: Potts et al. (2004)

Titel: Computerized Physician Order Entry and Medication Errors in a Pediatric Critical Care Unit²⁵⁵	
Forschungsfrage(n)/ Studienziel(e)	Bestimmung des Einflusses von CPOE auf die Frequenz von Medikationsverordnungsfehlern in einer pädiatrischen Intensivstation
Methodik	
Studiendesign	Prospektive Kohortenstudie
Einschluss-/Ausschlusskriterien	<u>Einschlusskriterien:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Medikationsverordnungen <u>Ausschlusskriterien:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Medikationsverordnungen, die Flüssigkeiten, Dialysate, parenterale Ernährung, Fette und chemotherapeutische Wirkstoffe betreffen.
Rekrutierung	Alle Patienten, die während des Beobachtungszeitraums auf der Station aufgenommen wurden.
Verblindung	K. A.
Statistische Analyse	Chi-Square-Analyse und Fisher's Exact Test für Datenvergleich vorher/nachher. STATA-Programm (Stata Corp, College Station, TX, USA). Übereinstimmung der Evaluierer mit K-Statistik (exzellente Übereinstimmung von 0,96).
Endpunkte	Medikationsverordnungsfehler
Technische Charakteristika des CPOE	WizOrder (1994 an der Vanderbilt-Universität entwickelt); Vorläufer von Horizon Expert Order System (McKesson, Atlanta, GA, USA) Vernetzt mit Pyxis Medstation 2000 System (Pyxis Corp, San Diego, CA, USA) und dem Pharmazie-Computersystem (McKesson Series). Vernetzt mit Patientenaktenarchiv. WizOrder: > 900 vorprogrammierte Verordnungssets; Links zu Medikamentenmonographien; evidenzbasierter Literatur und der PubMed-Website.
Technische Charakteristika des CDSS	Warnungen zu Allergien, Dosierungshilfe, Warnungen zu Wechselwirkungen, US-FDA-Warnungen. enthält Informationen zu verschiedenen Dosierungen je nach klinischer Indikation. Ausmaß des CDSS kann an Alter des Patienten angepasst werden.
Setting	
Land	USA
Beobachtungszeitraum	Vor Implementierung: 4. 10. bis 4. 12. 2001 1 Monat Pause für Implementierung und Training Nach Implementierung: 4. 01. bis 4. 03 2002
Krankenhaus	Vanderbilt's Children Hospital; Universitätsklinik
Betten	20
Abteilungen in denen CPOE verwendet wird	Pädiatrische Intensivstation
Zeitpunkt nach CPOE Implementierung	1 Monat
Anzahl der Benutzer	K. A.
Training	Keine genauen Angaben
IT-Support	K. A.
Evaluierung	Klinischer Pharmazeut überprüft alle Verordnungen. Fehler werden in eine Datenbank eingetragen.
Klassifikation der Fehler	Fehler werden definiert als potenzielle UAE: jeder Fehler, der zu einem Schaden des Patienten führen kann, wenn er den Patienten erreicht (Doppelverordnung, falsche Dosis, falsche Frequenz, falsche Route; falsches Medikament, falsche Einheit, Wechselwirkung, Allergie) MVF: Verordnungen, bei denen Information fehlt oder die für Interpretationen offen sind (kein Gewicht, unleserlich) VR: Verordnungen, die nicht mit der standardisierten Krankenhauspraxis in Einklang sind (Abkürzung, Dezimalpunktverschiebung).

Fortsetzung Tabelle 21: Potts et al. (2004)

Überprüfung der Evaluation	1 zweiter Pharmazeut überprüft die Fehler. Zusätzlich überprüft ein Arzt unabhängig davon Originalverordnungen für 10 % zufällig ausgewählter Patienten.					
Untersuchte Verordnungen						
Anzahl	Vorher: 6.803 für 268 Patienten Nachher: 7.025 für 246 Patienten					
Auftraggeber/Sponsoren:	Keine					
Wesentliche Ergebnisse						
Anzahl der Fehler	Medikationsfehleranalyse vor und nach Einführung des CPOE-Systems					
		Pre-CPOE (n = 6.803)		Post-CPOE (n = 7.025)		p-Wert
		Gesamt	Anzahl pro 100 Verordnungen	Gesamt	Anzahl pro 100 Verordnungen	
	Potenzielle UAE	147	2,2	88	1,3	< 0,001
	Doppelverordnung	4	0,06	0	0	< 0,001
	Unsachgemäße Dosis	53	0,78	59	0,84	0,69
	Unsachgemäßes Intervall	24	0,35	19	0,27	0,39
	Unsachgemäße Verabreichungsrouten	6	0,09	0	0	0,01
	Falsches Arzneimittel	6	0,09	1	0,01	0,07
	Allergie	1	0,01	0	0	0,49
	Arzneimittelwechselwirkung	1	0,01	0	0	0,49
	Falsche Einheiten	52	0,76	9	0,13	< 0,001
	MVF	2.049	30,1	12	0,2	< 0,001
	Gewicht nicht verfügbar	22	0,32	0	0	< 0,001
	Fehlende Informationen	1.979	29,09	12	0,17	< 0,001
	Unleserlich	48	0,71	0	0	< 0,001
VR	466	6,8	10	0,1	< 0,001	
Dezimalpunkt verschoben	55	0,81	10	0,14	< 0,001	
Abkürzungen	411	6,04	0	0	< 0,001	
Diskussion von Biasformen	Studie hat keine ausreichende Teststärke, um den Einfluss von CPOE auf die Gesamtzahl an vermeidbaren UAE zu untersuchen. Die Studie untersucht nicht, wie die Fehler von anderen Komponenten des Medikationssystems (z. B. Verifizierung der Verordnung durch einen pädiatrischen Pharmazeuten) ermittelt wurde.					
Schlussfolgerung(en) der Autoren	CPOE konnte MVF und VR signifikant reduzieren bzw. fast ganz eliminieren und zeigt auch eine signifikante Reduktion in der Rate an potenziellen UAE. CPOE stellt sicher, dass Verordnungen leserlich und vollständig ausgefüllt sind. Integration eines CDSS spezifisch für Pädiatrie könnte die Rate an potenziellen UAE noch weiter reduzieren.					

CA = Kalifornien. CDSS = Computerized decision support system. CPOE = Computerized physician order entry. GA = Georgia. IT = Informationstechnik. K. A. = Keine Angaben. MVF = Medikationsverordnungsfehler. TX = Texas. UAE = Unerwünschtes Arzneimittelereignis. USA = United States of America, dt.: Vereinigte Staaten von Amerika. VR = Verstoß gegen Richtlinien.

Quelle: Potts et al.²⁵⁵, ÖBIG-FP-eigene Darstellung

Tabelle 22: Tabelle zur Qualitätsbewertung für die Primärstudien

Checkliste	Mahoney et al. (2007)	Colpaert et al. (2006)	Oliven et al. (2005)	Potts et al. (2004)
Studiendesign	Prospektiv; Vorher-Nachher	Prospektive, kontrollierte Querschnittsstudie	Prospektiv; Parallel	Prospektive Kohortenstudie; Vorher-Nachher
Studiendesign klar und ausführlich beschrieben	Nein	Ja	Nein	Ja
Genauere Definition der Endpunkte	Nein	Ja	Ja	Ja
Angaben zu Charakteristika von CPOE/CDSS	Ja	Ja	Ja	Ja
Interpretation der Daten nachvollziehbar	Ja	Ja	Ja	Ja
Angaben zur statistischen Auswertung	Eingeschränkt	Ja	Ja	Ja
Diskussion designtypischer Biasformen	Nein	Ja	Nein	Ja
Generalisierbarkeit	Eingeschränkt	Eingeschränkt	Eingeschränkt	Eingeschränkt

CDSS = Computerized decision support system. CPOE = Computerized physician order entry.

Quelle: ÖBIG-FP-eigene Darstellung

8.4.2 Tabellen zur ökonomischen Bewertung

Tabelle 23: Wu et al. (2007)

Cost-effectiveness of an Electronic Medication Ordering and Administration System in Reducing Adverse Drug Events³⁴⁴		
	<i>Beschreibung</i>	<i>Anmerkungen bei mangelnder Qualität oder Transparenz</i>
Fragestellung	Bestimmung der inkrementellen Kostenwirksamkeit eines elektronischen Arzneimittelverordnungs- und -verabreichungssystems	
Jahr	2007	
Land/Region	Kanada	
Setting	3 Lehrkrankenhäuser der Universität von Toronto (University Health Network), 700 Betten, 27.600 Aufnahmen pro Jahr	
Perspektive	Krankenhaus	Beschränkte Aussagekraft für das Gesundheitssystem
Intervention	<ul style="list-style-type: none"> Einführung eines elektronischen Arzneimittelverordnungs-systems für Ärzte und einer elektronischen Dokumentation der Arzneimittelverabreichung für Pflegepersonal ----- Bereits vorhanden zum Zeitpunkt der Einführung: elektronisches Eingabesystem für die ärztliche Anordnung von Labor- und Radiologiebefunden	
Produkt	Misys CPR®, Misys Healthcare Systems	
Integrierte Entscheidungsunterstützung	Überprüfung der Verordnung auf Allergien, Wechselwirkungen zu anderen Arzneimitteln und auf doppelte Verordnungen	
Verglichene Alternativen	<ul style="list-style-type: none"> Elektronische Arzneimittelverordnung und -verabreichung Verordnung auf Papier 	Lässt keine Aussage zu möglichen weiteren Alternativen zu
Studiendesign	Kosten-Wirksamkeits-Analyse (Modellrechnung)	
Ergebnisparameter	Inkrementelle Kosten pro verhindertes UAE	
Eingeschlossene Kosten	<ul style="list-style-type: none"> Kosten des neu angeschafften Softwaremoduls Implementierungskosten (z. B. Projektmanagement, Einbindung/Ausbildung von Mitarbeitern) Laufende Kosten (z. B. Support für die Softwareschnittstelle Krankenhaus/Apotheke) In der Sensitivitätsanalyse: Höherer Zeiteinsatz der Ärzte ¹	
Eingeschlossene Gesundheitseffekte	<ul style="list-style-type: none"> Reduktion der UAE-Rate Mortalität aufgrund von UAE wird nicht berücksichtigt, da nur vereinzelte Belege in der Literatur (und heterogene Studienlage)	
Quelle(n) klinische und epidemiologische Daten	<ul style="list-style-type: none"> Systematische Literatursuche in Medline (Anfang 1966 bis Nov. 2005) für Daten zu UAE-Raten sowie zur Effektivität von CPOE, Metaanalyse Daten des University Health Network zur UAE-Rate (Erfassung über self-reporting) 	
Quelle(n) Kostendaten	<ul style="list-style-type: none"> Daten des University Health Network Literatur (ergänzend) Kostenjahr: 2004	
Kostendaten Basisszenario	<ul style="list-style-type: none"> Gesamtkosten der CPOE-Einführung (inklusive laufender Kosten; diskontiert): 3,32 Mio. USD Kosten durch höheren Zeiteinsatz der Ärzte: 0 USD 	
Epidemiologische Daten und Gesundheitseffekte Basisszenario	<ul style="list-style-type: none"> UAE-Rate: 1,4 % Vermeidbare UAE: 40 % Reduktion vermeidbarer UAE durch CPOE: 21 % 	

Fortsetzung Tabelle 23: Wu et al. (2007)

Diskontrate	5 %	
Modellzeitraum	10 Jahre (Annahme: entspricht dem Lebenszyklus der Intervention)	
Sensitivitätsanalyse	<ul style="list-style-type: none"> • Univariate Sensitivitätsanalyse: UAE-Rate, Reduktion der UAE-Rate, Länge des Lebenszyklus, Kosten der Systemeinführung, Zeiteinsatz der Ärzte • Bandbreiten: Literatur • Auswahl der Parameter: Werte mit großen Schwankungsbreiten oder eingeschränkter Evidenz 	
Weitere Annahmen	• Dauer Lebenszyklus des CPOE-Systems: 10 J.	
Auftraggeber/Sponsoren	Finanzielle Unterstützung von den Canadian Institutes of Health Research und dem University Health Network	
Interessenkonflikte	Keine	
Ergebnisse Modellrechnung	12.700 USD pro verhindertes UAE	
Ergebnisse Sensitivitätsanalyse	<ul style="list-style-type: none"> • UAE-Rate: je geringer die UAE-Rate, desto höher die inkrementellen Kosten pro verhindertes UAE; besonders deutlicher Kostenanstieg ab einer Rate von 1,5 UAE/100 Aufnahmen und weniger (2.700 USD bei 6,5 UAE/100 Aufnahmen, 178.000 USD bei 0,1 UAE/100 Aufnahmen) • Rate tatsächlich verhinderter UAE: je geringer die Rate tatsächlich verhinderter UAE, desto höher die inkrementellen Kosten pro verhindertes UAE; besonders deutlicher Kostenanstieg ab einer Rate von 10 % und weniger (keine Zahlenangaben) • Länge des Lebenszyklus: inkrementelle Kosten pro verhindertes UAE relativ stabil über Variation von 5–20 J. (8.100 USD bei 20 J.) • Kosten der Systemeinführung: Bei 8 Mio. USD Kosten der CPOE-Einführung und 1,35 Mio USD laufenden Kosten erhöhen sich die inkrementellen Kosten pro verhindertes UAE auf 73.000 USD • Zeiteinsatz der Ärzte: Bei einem systembedingten Anstieg der zeitlichen Belastung um 5 % erhöhen sich die inkrementellen Kosten pro verhindertes UAE auf 75.000 USD 	Tw. fehlende Zahlenangaben zur grafischen Darstellung
Schlussfolgerungen (Autoren)	<p>Das Ergebnis von 12.700 USD pro verhindertes UAE wird als potenziell akzeptabel eingestuft, wenn positive Folgewirkungen wie die Reduktion bleibender Behinderungen oder der Krankenhausverweildauer berücksichtigt werden. Die Anstellung eines zusätzlichen Pharmazeuten könnte jedoch kosteneffektiver sein.</p> <p><u>Limitationen:</u> Daten zur Wirksamkeit von nur 2 Studien, keine zeigt statistisch signifikante Reduktion der UAE. Zusätzlicher Bedarf an qualitativ hochstehenden Studien zur Wirksamkeit von CPOE sowie zu UAE-Raten wird gesehen.</p> <p>Die Ergebnisse sind nicht ohne Weiteres auf andere Settings übertragbar (unterschiedliche Systemkosten, Finanzierungsstrukturen, Arbeitsabläufe). Die Höhe der Kosten wird in dieser Modellrechnung als moderat eingestuft, da es sich nur um die zusätzliche Anschaffung eines Softwaremoduls handelt und Arztgehälter bzw. ärztliche Arbeitsauslastung in diesem Setting keine zu berücksichtigenden Kostenbestandteile sind.</p>	<p>Vermutungen der Autoren hätten in der Modellrechnung ev. bereits berücksichtigt werden können (Berücksichtigung von Folgewirkungen aus UAE, Modellierung einer weiteren Alternative)</p>

CPOE = Computerized physician order entry. J. = Jahr. UAE = Unerwünschtes Arzneimittelereignis.

¹ Kosteneinsparungseffekte, die zusätzlich zur bzw. parallel zur UAE-Reduktion auftreten – z. B. geringerer Medikamentenverbrauch oder reduzierte Krankenhausverweildauer –, werden nicht berücksichtigt, da ein Zusammenhang zur CPOE-Einführung als nicht klar erwiesen gesehen wird. Kosteneinsparungen aufgrund reduzierter Papierkosten werden als vernachlässigbar gesehen.

Quelle: Wu et al.³⁴⁴, ÖBIG-FP-eigene Darstellung

Tabelle 24: Kaushal et al. (2006)

Return on Investment for a Computerized Physician Order Entry System ¹⁶³		
	Beschreibung	Anmerkungen bei mangelnder Qualität oder Transparenz
Fragestellung	Schätzung von Kosten und Nutzen durch die CPOE-Implementierung am BWH	
Jahr	2006	
Land/Region	USA	
Setting	Universitätskrankenhaus (BWH, Boston), 720 Betten	
Perspektive	Krankenhaus	Beschränkte Aussagekraft für das Gesundheitssystem
Intervention	<ul style="list-style-type: none"> Schrittweise (1993–2000) Einführung eines elektronischen Verordnungs- und (offensichtlich auch) Verabreichungssystems für Ärzte (bzw. Pflegepersonal) 	Keine klare Beschreibung des Systems; für die Einführung einzelner Interventionen unterschiedliche Beobachtungszeiträume
Produkt	Am Krankenhaus entwickelt	
Integrierte Entscheidungsunterstützung	Bei der Arzneimittelverordnung (teilweise auf einzelne Fachbereiche begrenzt): Überprüfung der Verordnung auf Arzneimittelwechselwirkungen, Allergien, Dosierung, Darreichungsform, Verabreichungsrouten und -frequenz; (selektive) Leitlinienimplementierung für innovative Arzneimittel	Keine detaillierte/eindeutige Beschreibung
Verglichene Alternativen	<ul style="list-style-type: none"> Elektronische Verordnung von Arzneimitteln und elektronische Befundanforderung (Labor und Röntgen) Das vor der CPOE-Einführung vorhandene System (keine genauen Angaben) 	Lässt keine Aussage zu möglichen weiteren Alternativen zu; keine eindeutige Beschreibung der Alternativen
Studiendesign	Kosten-Nutzen-Analyse (Return on Investment Analysis)	Retrospektive Datenerhebung
Ergebnisparameter	Nettoersparnisse (Kosten minus bewertetem Nutzen)	
Eingeschlossene Kosten	<ul style="list-style-type: none"> (Erst-)Anschaffungskosten Laufende Kosten (z. B. Kosten für [weitere] Hardware und/oder Software, Netzwerk, Management, Personalfortbildung) Kosteneinsparungen durch geringeren oder effizienteren Arzneimittelverbrauch Kosteneinsparungen durch effizientere Arbeitsabläufe Kosteneinsparungen durch Reduktion von Labor- und Röntgenbefunden 	Keine durchgängig klare Aufschlüsselung der Berechnungsmethoden
Eingeschlossene Gesundheitseffekte	<ul style="list-style-type: none"> Reduktion der UAE-Rate (Anzahl der verhinderten UAE, multipliziert mit den durchschnittlichen Kosten pro UAE) 	Verschiedene Einzelinterventionen (wie Überprüfung der korrekten Dosierung) und deren Auswirkungen werden mangels ausreichender Daten nicht berücksichtigt; keine durchgängig klare Aufschlüsselung der Berechnungsmethoden
Quelle(n) klinische und epidemiologische Daten	<ul style="list-style-type: none"> Daten des BWHI: publizierte Literatur, Kontaktpersonen vor Ort, interne Aufzeichnungen 	

Fortsetzung Tabelle 24: Kaushal et al. (2006)

Quelle(n) Kostendaten	<ul style="list-style-type: none"> • Daten des Brigham and Women's Hospital: interne Aufzeichnungen, Interviews mit Systementwicklern • Kosten pro UAE: Literatur (eine Studie) Kostenjahr: 2002 	
Kostendaten	<ul style="list-style-type: none"> • Anschaffungskosten: 3,7 Mio. USD • Laufende Kosten: 600.000–1,1 Mio. USD pro J. • Gesamtkosten: 11,8 Mio. USD • Durchschnittliche Kosten eines UAE: 4.685 USD¹ 	
Epidemiologische Daten und Gesundheitseffekte	<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion vermeidbarer UAE von 4,69 UAE pro 1.000 Patiententage auf 3,88 UAE pro 1.000 Patiententage 	Angabe bezieht sich offensichtlich nicht auf das gesamte Maßnahmenbündel, keine weiteren Angaben
Diskontrate	7 %	
Betrachtungszeitraum	10 Jahre	
Weitere Annahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Anteil prospektiver Erstattung 80 % (in Fällen ohne prospektive Erstattung erwachsen dem Krankenhaus nicht zwangsläufig Kosteneinsparungen durch vermiedene UAE) 	
Auftraggeber/Sponsoren	Teilweise finanzielle Unterstützung durch die Agency for Healthcare Research and Quality, Rockville	
Interessenkonflikte	Keine angegeben	
Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Kosteneinsparungen gesamt: 28,5 USD • Gesamte Nettoersparnisse: 16,7 USD <p>Kosteneinsparungen aufgrund der elektronischen Entscheidungsunterstützung bei der Arzneimittelverordnung nicht eindeutig getrennt aufschlüsselbar</p>	
Schlussfolgerungen (Autoren)	<p>Dosierungshinweise abhängig von Nierenfunktion, UAE-Prävention (z. B. durch Überprüfung auf Wechselwirkungen) und Leitlinienimplementierung sind die Interventionen mit den höchsten Kosteneinsparungen. Der Großteil der Einsparungen verteilt sich auf nur wenige Interventionen. Krankenhäuser sollten deswegen den Einsatz eines CPOE-Systems sehr fokussiert planen.</p> <p><u>Limitationen:</u> Mehrere Interventionen wegen Datenmangels oder des zu späten Einführungszeitpunkts nicht berücksichtigt. Bei der Übertragung der Ergebnisse auf andere Settings sind u. a. Unterschiede in der technischen Umsetzung zu berücksichtigen.</p>	

BWH = Brigham and Women's Hospital. CPOE = Computerized physician order entry. J. = Jahr. UAE = Unerwünschtes Arzneimittelereignis. USA = United States of America, dt.: Vereinigte Staaten von Amerika.

¹ Für das Kostenjahr 1997

Quelle: Kaushal et al.¹⁶³, ÖBIG-FP-eigene Darstellung

Tabelle 25: Fung et al. (2003)

Will Decision Support in Medications Order Entry Save Money? A Return On Investment Analysis of the Case of the Hong Kong Hospital Authority¹¹⁶		
	<i>Beschreibung</i>	<i>Anmerkungen bei mangelnder Qualität oder Transparenz</i>
Fragestellung	Kosten und Nutzen der Erweiterung eines vorhandenen elektronischen Arzneimittelverordnungs-systems um ein Modul mit Entscheidungsunterstützung	
Jahr	2003	
Land/Region	China	
Setting	14 große öffentliche Krankenhäuser (das sind alle der Krankenhausbehörde Hongkong unterstellten Krankenhäuser), ca. 15.000 Betten, ca. 1 Mio. Aufnahmen pro J.	
Perspektive	Krankenhaus	Beschränkte Aussagekraft für das Gesundheitssystem
Intervention	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung eines (elektronischen) Entscheidungsunterstützungssystems bei der Arzneimittelverordnung bereits vorhanden zum Zeitpunkt der Einführung: v. a. im ambulanten Bereich eingesetzte elektronische Arzneimittelverordnung (ohne Entscheidungsunterstützung) mit Schnittstelle zum Krankenhausapothekensystem, elektronisches Netzwerk zw. den Krankenhäusern (in dem Patienten eindeutig identifiziert werden können)	
Produkt	Zugekauftes zusätzliches Softwaretool (keine Angabe eines Produktnamens)	
Integrierte Entscheidungsunterstützung	Überprüfung der Verordnung auf Allergien, Widersprüche zu Laborergebnissen, Wechselwirkungen zu anderen Arzneimitteln und Dosierung	
Verglichene Alternativen	<ul style="list-style-type: none"> • elektronische Arzneimittelverordnung mit integrierter Entscheidungsunterstützung • elektronische Arzneimittelverordnung ohne integrierte Entscheidungsunterstützung 	Lässt keine Aussage zu möglichen weiteren Alternativen zu
Studiendesign	Kosten-Nutzen-Analyse (Return on Investment Analysis)	
Ergebnisparameter	Nettoersparnisse (Kosten minus bewertetem Nutzen)	
Eingeschlossene Kosten	<ul style="list-style-type: none"> • Kosten für Softwarelizenz • Kosten für Hardware • Kosten für Entwicklung und Wartung (Personalkosten) Keine zusätzlichen Kosten für Ausbildung und Support, da keine wesentlichen Änderungen der bestehenden Benutzeroberfläche erwartet	
Eingeschlossene Gesundheitseffekte	<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion der UAE-Rate (Anzahl der verhinderten UAE, multipliziert mit den durchschnittlichen Kosten pro UAE) 	
Quelle(n) klinische und epidemiologische Daten	<ul style="list-style-type: none"> • Literatur 	Literatursuche nicht dokumentiert (Quellen angegeben)
Quelle(n) Kostendaten	<ul style="list-style-type: none"> • Literatur (Kosten UAE) • Daten und Schätzungen der Krankenhausbehörde Hongkong (bzw. der Autoren) 	Literatursuche nicht dokumentiert (Quellen angegeben)

Fortsetzung Tabelle 25: Fung et al. (2003)

Kostendaten	<ul style="list-style-type: none"> • Softwarelizenz: 148.000 USD einmalig, 37.200 USD im 1. J., 73.200 USD pro J. im 2.–5.J. • Hardware: 10.000 USD pro J. im 3.–5.J. • Personalkosten für Erstimplementierung: 18.000 USD, für laufende Wartung: 6.000 USD im 1.–5.J. • Durchschnittliche Kosten eines UAE: 2 Krankenhaustage à 410 USD 	
Epidemiologische Daten und Gesundheitseffekte	<ul style="list-style-type: none"> • UAE-Rate: 0,63 % • Vermeidbare UAE: 40 %, davon 56 % durch Verordnungsfehler¹, davon 75 % durch Verordnungsfehler, die durch CDSS vermeidbar sind • Tatsächlich verhinderte UAE: 4,2–8,4 % (siehe unten) 	
Diskontrate	5 %	
Modellzeitraum	5 Jahre	
Sensitivitätsanalyse	<ul style="list-style-type: none"> • Variierter Parameter: Rate tatsächlich verhinderter UAE • Bandbreite: Annahme • Auswahl des Parameters: Es können Imperfektionen im System auftreten, z. B. unvollständige Erfassung von Patientendaten 	
Weitere Annahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Schrittweise Ausdehnung des elektronischen Arzneimittelverordnungs-systems auf den stationären Bereich: 20 % Abdeckung im 1. J., Anstieg auf 100 % Abdeckung bis zum 5. J. • Nur 25–50 % der theoretisch vermeidbaren UAE (vgl. oben) werden tatsächlich vermieden (Imperfektion des Systems z. B. bei der Patientendatenerfassung) 	
Auftraggeber/Sponsoren	Keine angegeben	
Interessenkonflikte	Keine angegeben	
Ergebnisse Modellrechnung und Sensitivitätsanalyse	<ul style="list-style-type: none"> • Gesamtkosten: 499.308 USD • Jährliche Kosteneinsparungen: 216.000–432.000 USD • Gesamte Nettoersparnisse: 43.560–586.428 USD 	
Schlussfolgerungen (Autoren)	<p><u>Limitationen:</u> Nur Einsparungen durch vermiedene UAE wurden betrachtet. Zusätzlich in Betracht zu ziehen sind nach Nennung der Autoren auch Effizienzgewinne etwa durch die Verhinderung von Medikationsfehlern selbst (Reduktion von Reibungsverlusten). Außerdem wären aus Sicht der Gesellschaft auch indirekte Kosten durch UAE wie Produktivitätsverluste, Kosten von Behinderungen oder Pflegekosten zu berücksichtigen.</p>	

CPOE = Computerized physician order entry. J. = Jahr. UAE = Unerwünschtes Arzneimittelereignis.

¹ Weitere Medikationsfehler können z. B. bei der Arzneimittelverabreichung auftreten.

Quelle: Fung et al.¹¹⁶, ÖBIG-FP-eigene Darstellung

Tabelle 26: Schmitt et al. (2002)

Financial Analysis Projects Clear Returns from Electronic Medical Records²⁷⁹		
	<i>Beschreibung</i>	<i>Anmerkungen bei mangelnder Qualität oder Transparenz</i>
Fragestellung	Nachweis von Nettoersparnissen bei Einführung eines elektronischen medizinischen Dokumentationssystems	Keine klare Angabe von Zielen der Studie
Jahr	2002	
Land/Region	USA	
Setting	Krankenhaus mit 16 ambulanten Kliniken, 1 Forschungsinstitut, Netzwerk von ca. 400 angestellten Ärzten (Virginia Mason Medical Center): 280 Betten (im Krankenhaus), 15.412 Aufnahmen pro J.	
Perspektive	Krankenhaus	Beschränkte Aussagekraft für das Gesundheitssystem
Intervention	Einführung eines elektronischen medizinischen Dokumentationssystems	Keine detaillierte Beschreibung
Produkt	Komplettes elektronisches medizinisches Dokumentationssystem (inklusive verschiedenster Soft- und Hardwarekomponenten; keine Angabe eines Produktnamens)	
Integrierte Entscheidungsunterstützung	Überprüfung der Verordnung z. B. auf Kontraindikationen und Dosierung	Keine detaillierte/eindeutige Beschreibung
Verglichene Alternativen	<ul style="list-style-type: none"> • Elektronisches medizinisches Dokumentationssystem mit einem Arzneimittelverordnungssystem mit Entscheidungsunterstützung¹ • Weitgehend papierbasiertes System 	Lässt keine Aussage zu möglichen weiteren Alternativen zu
Studiendesign	Kosten-Nutzen-Analyse	
Ergebnisparameter	Nettoersparnisse (Kosten minus bewertetem Nutzen)	
Eingeschlossene Kosten	<ul style="list-style-type: none"> • Kosten für Hardware • Kosten für Software • Kosten für Installation und Personalfortbildung, technischer Support • Kosteneinsparungen durch effizienteren Arzneimittelverbrauch • Kosteneinsparungen durch effizientere Arbeitsabläufe (Personalreduktion) • Kosteneinsparungen durch Reduktion von Labor- und Röntgenbefunden • Kosteneinsparungen durch verbesserte Einhaltung der Arzneimittellisten (formularies) der Versicherungsgesellschaften • Reduktion der Dokumentationskosten (nach anfänglicher Steigerung) • Kosteneinsparungen bei der Leistungsabrechnung 	
Eingeschlossene Gesundheitseffekte	<ul style="list-style-type: none"> • Reduktion der UAE-Rate (Anzahl der verhinderten UAE, multipliziert mit den durchschnittlichen Kosten pro UAE) 	
Quelle(n) klinische und epidemiologische Daten	<ul style="list-style-type: none"> • Literatur 	Literatursuche nicht dokumentiert, keine Quellen angegeben
Quelle(n) Kostendaten	<ul style="list-style-type: none"> • Für das Krankenhaus erstellte Kostenschätzungen des Produkthanbieters 	Aus Vertraulichkeitsgründen keine Aufschlüsselung nach Einzelposten
Kostendaten	<ul style="list-style-type: none"> • Gesamtkosten des Systems über 7 J.: 18,9 Mio. USD • Durchschnittliche Kosten eines UAE: 3.900 USD 	

Fortsetzung Tabelle 26: Schmitt et al. (2002)

Epidemiologische Daten und Gesundheitseffekte	<ul style="list-style-type: none"> • UAE-Rate: 6,7 % • Durch Automation („automation“) vermeidbare UAE: 28 % 	
Diskontrate	10 %	
Modellzeitraum	7 J.	
Sensitivitätsanalyse	Keine	
Weitere Annahmen	–	
Auftraggeber/Sponsoren	Keine angegeben	
Interessenkonflikte	Keine angegeben	
Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> • Kosteneinsparungen durch Reduktion UAE: 1.127.604 USD² • Kosteneinsparungen durch effizienteren Arzneimittelverbrauch: 1.087.958 USD² • Kosteneinsparungen durch Personalreduktion (nur Arzneimittelverordnung): 200.000 USD² • Kosteneinsparungen durch bessere „formulary compliance“: 720.000 USD² • Kosteneinsparungen gesamt: 17.587.393 USD² • Gesamte Nettoersparnisse: 31.360.593 USD 	
Schlussfolgerungen (Autoren)	Die Autoren halten u. a. fest, dass nicht alle Nutzeneffekte zu quantifizieren sind, die strategische Bedeutung von qualitativen Errungenschaften wie erhöhter Ärztekommunikation und -zufriedenheit jedoch nicht zu unterschätzen ist. Die erwarteten Nutzeneffekte treten außerdem nicht „automatisch“ ein, sondern deren Erreichung muss während der Implementierung gezielt vorangetrieben werden.	
Allgemeine Bemerkungen zur Qualität		Gesamter Artikel ohne Quellenangaben

CPOE = Computerized physician order entry. J. = Jahr. UAE = Unerwünschtes Arzneimittelereignis. USA = United States of America, dt.: Vereinigte Staaten von Amerika.

¹ Eingeschlossen sind auch elektronische Dokumentationssysteme für Radiologie und Labor.

² Nicht diskontiert.

Quelle: Schmitt et al.²⁷⁹, ÖBIG-FP-eigene Darstellung

Tabelle 27: Gesamtkosten von CPOE-Systemen bei Wu et al., Kaushal et al., Fung et al. und Schmitt et al. zum Vergleich

Autor(en)	Jahr	Land, Setting	Art der Produktschaffung	Bereits vorhanden zum Zeitpunkt der Einführung	Gesamtkosten der CPOE-Einführung (inklusive laufender Kosten)
Wu et al. ³⁴⁴	2007	Kanada, 3 Lehrkrankenhäuser der Universität von Toronto (University Health Network), 700 Betten, 27.600 Aufnahmen pro Jahr	Einführung eines elektronischen Arzneimittelverordnungssystems für Ärzte und einer elektronischen Dokumentation der Arzneimittelverabreichung für Pflegepersonal	Elektronisches Eingabesystem für die ärztliche Anordnung von Labor- und Radiologiebefunden	3,32 Mio. USD ¹
Kaushal et al. ¹⁶³	2006	USA, Universitätskrankenhaus (BWR, Boston), 720 Betten	Schrittweise (1993–2000) Einführung eines elektronischen Verordnungs- und (offensichtlich auch) Verabreichungssystems für Ärzte (bzw. Pflegepersonal)	Unklar	11,8 Mio. USD ²
Fung et al. ¹¹⁶	2003	China, 14 große öffentliche Krankenhäuser (das sind alle der Krankenhausbehörde Hongkong unterstellten Krankenhäuser), ca. 15.000 Betten, ca. 1 Mio. Aufnahmen pro J.	Einführung eines (elektronischen) Entscheidungsunterstützungssystems bei der Arzneimittelverordnung	V. a. im ambulanten Bereich eingesetzte elektronische Arzneimittelverordnung (ohne Entscheidungsunterstützung) mit Schnittstelle zum Krankenhausapothekensystem, elektronisches Netzwerk zw. den Krankenhäusern (in dem Patienten eindeutig identifiziert werden können)	499.308 USD ³
Schmitt et al. ²⁷⁹	2002	USA, Krankenhaus mit 16 ambulanten Kliniken, 1 Forschungsinstitut, Netzwerk von ca. 400 angestellten Ärzten (Virginia Mason Medical Center): 280 Betten (im Krankenhaus), 15.412 Aufnahmen pro J.	Einführung eines elektronischen medizinischen Dokumentationssystems	–	18,9 Mio. USD ⁴

BWH = Brigham and Women's Hospital. CPOE = Computerized physician order entry. J. = Jahr. UAE = Unerwünschtes Arzneimittelereignis. USA = United States of America, dt.: Vereinigte Staaten von Amerika.

¹ Diskontiert mit 5 %, Betrachtungszeitraum: 10 Jahre.

² Diskontiert mit 7 %, Betrachtungszeitraum: 10 Jahre.

³ Diskontiert mit 5 %, Betrachtungszeitraum: 5 Jahre.

⁴ Nicht diskontiert, Betrachtungszeitraum: 7 Jahre.

Quelle: Wu et al.³⁴⁴, Kaushal et al.¹⁶³, Fung et al.¹¹⁶, Schmitt et al.²⁷⁹, ÖBIG-FP-eigene Darstellung (vgl. auch Tabelle 23 bis Tabelle 26)

Tabelle 28: Tabelle zur Qualitätsbewertung für die ökonomischen Studien

10-Punkte-Checkliste (Drummond et al. ⁹⁴)	Wu et al. (2007)	Kaushal et al. (2006)	Fung et al. (2003)	Schmitt et al. (2002)
1	Ja	Ja	Ja	Nein
2	Ja	Nein	Ja	Nein
3	Ja	Ja	Ja	Nein
4	Ja	Unklar	Unklar	Unklar
5	Ja	Unklar	Ja	Ja
6	Ja	Unklar	Ja	Nein
7	Ja	Ja	Ja	Ja
8	Ja	Ja	Nein	Ja
9	Ja	Nein	Ja	Nein
10	Ja	Nein	Nein	Nein

Quelle: ÖBIG-FP-eigene Darstellung

8.5 Ausgeschlossene Literatur mit Ausschlussgrund

Tabelle 29: Ausgeschlossene Literatur

Autoren	Ausschlussgrund
Bell et al. ³⁵ , Estellat et al. ¹⁰³ , Fitzhenry et al. ¹¹⁰ , Franklin et al. ¹¹² , Grisso et al. ¹³¹ , Karnon et al. ¹⁶⁰ , McFadden et al. ²⁰⁶ , Ohsfeldt et al. ²³⁶ , Oren et al. ²³⁹ , Rahimi und Vimarlund ²⁶⁰ , Stock et al. ³¹⁰	Duplikate
Bauer ³³ , Cada ⁵¹ , Campbell et al. ⁵⁴ , Chan ⁵⁵ , Clark ⁶¹ , Dalton ⁷⁸ , Edwards ⁹⁷ , Field ¹⁰⁷ , Gajic et al. ¹¹⁸ , Haugh et al. ¹⁴⁰ , Jensen ¹⁵⁴ , Karr und Farrell ¹⁶¹ , Kaushal et al. ¹⁶² , Knowles et al. ¹⁷⁵ , Krohn ¹⁸³ , Lica ¹⁹⁴ , Lux ¹⁹⁸ , Matuszewski ²⁰² , Mehr ²⁰⁹ , N. N. ²²⁴ , N. N. ²²⁶ , N. N. ²²⁵ , Piasecki et al. ²⁴⁹ , Sloane ³⁰⁴ , ten Hoopen et al. ³¹⁹ , Thompson ³²¹ , Traynor ³²⁵	Kongresspräsentationen/Poster, Editorials, Leserbriefe, Kommentare u. ä.
Chaudhry et al. ⁵⁶ , Maviglia et al. ²⁰³	Andere(s) Verfahren/Intervention
Bell et al. ³⁶ , Berner et al. ³⁸ , Feldman et al. ¹⁰⁵ , Feldstein et al. ¹⁰⁶ , Glassman et al. ¹²⁴ , McMullin et al. ²⁰⁷ , McMullin et al. ²⁰⁸ , Murray et al. ²²¹ , Raebel et al. ²⁵⁸ , Raebel et al. ²⁵⁹ , Simon et al. ²⁹⁴ , Steele et al. ³⁰⁹ , Subramanian et al. ³¹³ , Tierney et al. ³²³ , Wang et al. ³³²	Niedergelassener bzw. nicht stationärer Bereich
Achtmeyer et al. ³ , Awaya et al. ²⁴ , Ball et al. ²⁷ , Buckley et al. ⁴⁸ , Cheng et al. ⁵⁸ , Colombet et al. ⁶⁶ , Cornish et al. ⁷² , Davey ⁷⁹ , Dimick ⁸⁸ , Edelstein ⁹⁶ , Friessem et al. ¹¹⁴ , Gadzhanova et al. ¹¹⁷ , Galanter et al. ¹²⁰ , Hemstreet et al. ¹⁴² , Hulgán et al. ¹⁴⁶ , Jellinek et al. ¹⁵³ , Kaplan und Shaw ¹⁵⁹ , Krüger-Brand ¹⁸⁴ , Leape ¹⁸⁸ , Lester et al. 2006 ¹⁹¹ , N. N. ²²⁸ , Nam et al. ²³¹ , Overhage et al. ²⁴¹ , Ozdas et al. ²⁴² , Payne et al. ²⁴⁶ , Rosenbloom et al. ²⁶⁷ , Rothschild et al. ²⁷² , Salmivalli und Hilmola ²⁷⁵ , Sjöborg et al. ³⁰³ , Soper et al. ³⁰⁷ , Taylor et al. ³¹⁷ , Thursky ³²² , Warner et al. ³³⁴ , Weiss et al. ³³⁷ , Westbrook et al. ³³⁹ , Wilson et al. ³⁴⁰ , Wright et al. ³⁴²	Nicht zur Fragestellung passende Schwerpunktsetzung
Frisse 2006 ¹¹⁵ , Hagland 2006 ¹³⁴ , Hasman et al. ¹³⁹ , Hwang et al. ¹⁴⁷ , Menachemi et al. ²¹² , Sidorov ²⁹²	Zu allgemein
Apkon et al. ¹⁰ , Barrett und Watson ²⁸ , Cafiero ⁵² , Egger et al. ⁹⁹ , Friedman und Abbas ¹¹³ , Gurwitz et al. ¹³³ , Kane-Gill und Weber ¹⁵⁸ , Kester und Stoller ¹⁶⁸ , Kilbridge et al. ¹⁶⁹ , Kopp et al. ¹⁷⁷ , Kushniruk et al. ¹⁸⁷ , Leonard et al. ¹⁹⁰ , Martin et al. ²⁰¹ , McFadden et al. ²⁰⁶ , Miller et al. ²¹⁸ , Shah et al. ²⁸⁶ , Shannon et al. ²⁸⁷ , Snyder et al. ³⁰⁶ , Stock et al. ³¹⁰ , Tamblyn ³¹⁴ , Weir et al. ³³⁶	Anderes Thema
Ali et al. ⁴ , Asaro et al. ¹² , Bizovi et al. ⁴⁵ , Cordero et al. ⁷⁰ , Igboechi et al. ¹⁴⁸ , Keene et al. ¹⁶⁶ , King et al. ¹⁷³ , Krampera et al. ¹⁸¹ , Mirco et al. ²¹⁹ , Nebeker et al. ²³² , Oppenheim et al. ²³⁸ , Park et al. ²⁴³ , Shulman et al. ²⁹¹ , Upperman et al. ³²⁸ , Vardi et al. ³³⁰ , Wang et al. ³³³	Auszuschließendes Studiendesign

Quelle: ÖBIG-FP-eigene Darstellung

Die systematische Bewertung medizinischer Prozesse und Verfahren, *Health Technology Assessment* (HTA), ist mittlerweile integrierter Bestandteil der Gesundheitspolitik. HTA hat sich als wirksames Mittel zur Sicherung der Qualität und Wirtschaftlichkeit im deutschen Gesundheitswesen etabliert.

Seit Einrichtung der Deutschen Agentur für HTA des DIMDI (DAHTA@DIMDI) im Jahr 2000 gehören die Entwicklung und Bereitstellung von Informationssystemen, speziellen Datenbanken und HTA-Berichten zu den Aufgaben des DIMDI.

Im Rahmen der Forschungsförderung beauftragt das DIMDI qualifizierte Wissenschaftler mit der Erstellung von HTA-Berichten, die Aussagen machen zu Nutzen, Risiko, Kosten und Auswirkungen medizinischer Verfahren und Technologien mit Bezug zur gesundheitlichen Versorgung der Bevölkerung. Dabei fallen unter den Begriff Technologie sowohl Medikamente als auch Instrumente, Geräte, Prozeduren, Verfahren sowie Organisationsstrukturen. Vorrang haben dabei Themen, für die gesundheitspolitischer Entscheidungsbedarf besteht.