

Liegedauer, Pflegeaufwand und Fallkosten nach Prozessoptimierung auf einer Intensivstation in Deutschland*

Length of stay, amount of care, and case-related treatment costs after process optimization in a German intensive care unit

K. Müller¹ · P. K. Schädlich² · R. Welte³ · J. G. Brecht⁴

Zusammenfassung

Hintergrund: Im Jahr 2002 wurden Prozessoptimierungsmaßnahmen auf einer 10-Betten-Intensivstation in Deutschland durchgeführt, die neben anderen Maßnahmen auch die Implementierung eines einheitlichen Beatmungs- und Analgosedierungskonzepts mit ausschließlichem Einsatz von Remifentanyl/Propofol anstelle von Fentanyl/Midazolam umfasste.

Ziel: Untersuchung des Einflusses der Prozessoptimierung auf die Liegedauer, den Pflegeaufwand und die Fallkosten der Intensivstation aus Krankenhausperspektive.

Methodik: Retrospektive Analyse von Daten aus der Routedokumentation der Intensivstation vor (Jahre 2000-2001) und nach der Prozessoptimierung (Jahre 2003-2004). Alle Kosten wurden auf das Jahr 2004 mit Hilfe der Krankenhauspreisindices der Neuen Bundesländer adjustiert und mit publizierten Daten anderer Intensivstationen in den Neuen Bundesländern (Bezugsjahr 1999) verglichen.

Ergebnisse: Es gab keine signifikanten Unterschiede bei den demographischen und klinischen Variablen einschließlich der Mortalität vor und nach Prozessoptimierung. Die Prozessoptimierung führte auf der Intensivstation zu einer signifikanten Reduktion der Liegedauer um 16 %, des Pflegeaufwands um 19 % und der Fallkosten um 25 %. Bei den mechanisch beatmeten Fällen gab es einen Trend zu kürzerer Beatmungs- und Liegedauer sowie zu geringerem

Pflegeaufwand, obwohl die Fälle nach Prozessoptimierung bei Aufnahme signifikant älter (63,2 vs. 59,3 Jahre) und schwerer krank waren (APACHE-II-Score 21,6 vs. 18,2) als vor Prozessoptimierung. Bereits vor Prozessoptimierung waren die Fallkosten auf der untersuchten Intensivstation (2.435 €) erheblich niedriger als auf vergleichbaren Intensivstationen, danach lagen sie bei 1.815 €.

Schlussfolgerungen: Die Prozessoptimierung war erfolgreich, da trotz erhöhtem Krankheitsschweregrad der beatmeten Patienten und unveränderter Mortalität die Fallkosten sanken.

Summary

Background: In 2002 in a German 10-bed intensive care unit (ICU), a comprehensive process optimization (PO) strategy was implemented comprising, inter alia, the sole use of remifentanyl/propofol instead of fentanyl/midazolam for the analgosedation of ventilated patients.

Purpose: To evaluate the impact of the PO on length of stay, amount of care, and costs per case in the ICU from the point of view of the hospital.

Methods: Retrospective analysis of routinely documented data from the ICU prior to (years 2000-2001) and after PO (years 2003-2004). All costs were adjusted to 2004 figures and were compared with data published by other ICUs in the eastern region of Germany.

Results: No significant differences were seen in the demographic and clinical

- 1 Klinik für Anästhesiologie, Interdisziplinäre Intensivtherapie und Perioperative Medizin, Sana-Krankenhaus Rügen GmbH, Bergen (Chefarzt: Dr. K. Müller)
- 2 IGES Institut GmbH, Berlin
- 3 GlaxoSmithKline GmbH & Co. KG, München
- 4 InForMed GmbH – Outcomes Research and Health Economics, Ingolstadt

* Erstellt mit Unterstützung von GlaxoSmithKline GmbH & Co. KG, Theresienhöhe 11, 80339 München, Deutschland

Schlüsselwörter

Intensivmedizin – Prozessoptimierung – Kosten – Kostenanalyse

Keywords

Intensive Care – Process Optimization – Costs – Cost Analysis

variables, including mortality, prior to and after PO. PO resulted in a significant 16 % reduction in the length of stay, 19 % in the amount of care, and 25 % in costs per case. In ventilated patients there was a trend towards a decrease in the duration of mechanical ventilation, length of stay and amount of care, despite the fact that this group was significantly older (63.2 versus 59.3 years) and more severely ill (APACHE-II score 21.6 versus 18.2) after PO than before. Costs per case (2435 €) were already considerably lower than those in comparable ICUs before PO and decreased to 1815 € after PO.

Conclusions: PO was successful in decreasing costs with no change in mortality despite the fact that the ventilated patients were more severely ill.

1. Einleitung

Das Sana-Krankenhaus in Bergen auf Rügen dient der Regelversorgung der Bevölkerung von rund 72.000 Einwohnern sowie der über eine Million Feriengäste pro Jahr. Das Haus verfügt mit fünf Abteilungen und zwei Belegabteilungen über insgesamt 278 Betten. Auf der Intensivstation des Hauses wurde im Laufe des Jahres 2002 eine Reihe von Maßnahmen zur Prozessoptimierung implementiert. Ihr wesentliches Charakteristikum ist die systematische und indikationsbasierte Gestaltung von Diagnose- und Behandlungsverfahren, die in Tabelle 1 näher ausgeführt sind.

Ziel der Prozessoptimierung war die Sicherstellung der Behandlungsqualität und der Effizienz der Intensivstation

(ITS). Intention dieses Berichts ist es, den gesamthaften Einfluss der Maßnahmen zur Prozessoptimierung (Tab. 1) auf Liegedauer, Pflegeaufwand und Fallkosten auf der ITS aus Krankenhausperspektive zu beschreiben, und zwar für die ITS-Fälle insgesamt, aber auch differenziert für die Fälle mit mechanischer Beatmung sowie für die Subgruppe der Fälle mit Langzeitbeatmung über 4 Tage oder länger. Durch die Summe der Maßnahmen (Tab. 1) wurde eine weitgehende Vereinheitlichung und Vereinfachung der Prozesse auf der Intensivstation umgesetzt. Die Optimierungsmaßnahmen unterteilten sich in klinische und ökonomische Bereiche. Im klinischen Bereich ist die Anwendung von einheitlichen und leitliniengerechten Therapiestandards, insbesondere die Umstellung des Analgosedierungskonzepts und die Optimierung bei der Beatmung hervorzuheben. Die Anwendung neuer klinischer Verfahren bei der Nierenersatztherapie führte zudem zu weiteren Therapieoptimierungen. Ökonomische Optimierungen wurden durch eine bedarfsgerechte Diagnostik- und Behandlungsplanung, eine Artikelstandardisierung und die Anwendung eines aussagefähigen Controllings angestrebt.

Folgende Rahmenbedingungen der Intensivstation blieben nach wie vor unverändert:

- Chirurgisch-medizinische ITS mit 10 Betten innerhalb des 278-Betten-Hauses
- Leitung der ITS durch die Anästhesie-Abteilung
- Zahlenmäßiges Verhältnis Pflegekräfte zu Ärzten von 5:1, ärztlicher und pflegerischer Schichtbetrieb, geringe Personalfuktuation von 5 bis 10 % bei den Pflegekräften
- Umfangreiche Routedokumentation der Behandlungsfälle einschließlich Krankheitsschweregrad (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation, APACHE-II) [14], Pflegeaufwand (Therapeutic Intervention Scoring System 28 items, TISS-28) [15], Beatmungs- und Nierenersatzparametern
- Hygienemaßnahmen zur Prävention nosokomialer Infektionen, hygienebedingt vorgeschriebene Materialwechselzeiten

Tabelle 1

Maßnahmen zur Prozessoptimierung im Jahr 2002.

Optimierung diagnostischer Verfahren <ul style="list-style-type: none"> • Bedarfsgerechte Diagnostik nach klinischen Gesichtspunkten, keine routinemäßigen Labor- und Röntgentage • Lagekontrolle von ZVK mittels Vorhof-EKG und nicht durch Röntgen mit Ausnahme von Kontraindikationen • Umstellung invasiver Messverfahren bei schweren Krankheitsbildern auf das PiCCO-System
Artikelstandardisierung durch Verwendung einheitlicher Produktlinien (z.B. ZVK, Dialysekatheter), Verwendung antiinfektiös beschichteter Katheter
Anwendung interner und publizierter Leitlinien zur Komplikationsprophylaxe und zur Behandlung schwerer Krankheitsbilder [1-9]
Kontinuierliche HAES-6%-Infusion (Voluven®) zur Optimierung des kolloidosmotischen Drucks bei schweren Krankheitsbildern, weitgehender Verzicht auf Fresh-frozen-Plasma
Vollständige Umstellung des Analgosedierungskonzeptes von Fentanyl/Midazolam auf Remifentanyl/Propofol für beatmete Patienten, Nurse-controlled Analgosedierung, Einhaltung eines Tag-Nacht-Rhythmus
Optimierung der Rahmenbedingungen bei mechanischer Beatmung u. a. durch <ul style="list-style-type: none"> • Tidalvolumina 6 ml/kg Körpergewicht • Open-lung-Konzept nach Lachmann [10], BIPAP-Standardmodus • Frühzeitige (<7 Tage) temporäre perkutane Tracheotomie bei absehbarer Langzeitbeatmung ausschließlich nach Fantoni [11] • Entwöhnung einheitlich über CPAP/ASB
Ausweitung der Nierenersatztherapie von Hämodialyse auf alle gängigen Verfahren
Frühzeitige Umstellung von parenteraler auf enterale Ernährung
Rechtzeitige Einrichtung einer Betreuung bzw. frühzeitiger Antrag auf Rehabilitationsbehandlung, insbesondere bei Langzeitbeatmung
Überwachung nosokomialer Infektionen im Rahmen des Krankenhaus-Infektions-Surveillance-Systems [12]
Ökonomische Überwachung durch regelmäßige Controlling-Sitzungen [13] und Erstellung von Jahreswirtschaftsberichten

ASB = assisted spontaneous breathing, BIPAP = biphasic positive airway pressure, CPAP = continuous positive airway pressure, EKG = Elektrokardiographie, HAES = Hydroxyäthylstärke, PiCCO = pulse-induced contour cardiac output, ZVK = zentraler Venenkatheter.

Tabelle 2

Demographische und klinische Eigenschaften der Fälle bei Aufnahme auf die Intensivstation vor und nach Prozessoptimierung.

Variable	Vor PO (Jahre 2000 und 2001)	Nach PO (Jahre 2003 und 2004)	Nach vs. vor PO ¹
Fälle insgesamt (n)	1.704	2.044	
Alter (Jahre) ²	59,2±20,0 [58,3-60,2]	60,9±18,5 [60,1-61,7]	n.s.
Männlich / weiblich (%)	57,3 / 42,7	57,5 / 42,5	n.s.
Aufnahme aus Fachabteilung			
Chirurgie / Innere Medizin / Andere ³ (%)	45,9 / 41,0 / 13,1	47,3 / 39,3 / 13,4	n.s.
Krankheitsschwere (APACHE-II-Score) ²	10,5±7,0 [10,2-10,9]	11,2±8,1 [10,8-11,5]	n.s.

1 Statistische Signifikanz war mit zweiseitigem $p < 0,05$ definiert.

2 Mittelwert±Standardabweichung [Unter- und Obergrenze vom 95 %-Bootstrap-Konfidenzintervall].

3 Gynäkologie und Geburtshilfe, Hals-Nasen-Ohren, Pädiatrie, Urologie.

APACHE II = Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II, **n.s.** = nicht signifikant, **PO** = Prozessoptimierung, **vs.** = versus.

- Jahresbezogene Dokumentation der auflaufenden Kosten in aggregierter Form gemäß den Rechnungs- und Buchführungspflichten von Krankenhäusern [16].

Zur Beschreibung der Effekte wurden folgende Zielgrößen retrospektiv vor und nach Prozessoptimierung quantifiziert: Liegedauer pro Fall; Pflegeaufwand pro Fall; Gesamt mortalität auf der ITS; sowie Gesamtfallkosten. Die Gesamtfallkosten wurden in die Kostenblöcke Personal, medizinischer Bedarf und Laboruntersuchungen unterteilt. Unterschiede in der Ausprägung der Zielgrößen nach vs. vor Prozessoptimierung wurden dann in Bezug auf die einzelnen Optimierungsmaßnahmen und vor dem Hintergrund der demographischen und klinischen Eigenschaften der Behandlungsfälle interpretiert.

2. Methodik

Studiendesign

Im Rahmen einer retrospektiven Beobachtungsstudie wurden zwei Zeiträume verglichen: Zeitraum 1 (Jahre 2000-2001 zusammengefasst) vor und Zeitraum 2 (Jahre 2003-2004 zusammengefasst) nach Prozessoptimierung. Für die Studie wurden ausschließlich Daten aus der Routedokumentation der Intensivsta-

tion herangezogen. Der Ressourcenverbrauch wurde mit Preisen des Krankenhauses aus dem Jahr 2004 bewertet. Es wurden nur direkte medizinische Kosten berücksichtigt.

Demographische und klinische Daten

Die demographischen und klinischen Daten der konsekutiven Fälle pro Zeitraum wurden den Fallakten entnommen und anonymisiert. Die Daten wurden auf Plausibilität geprüft, in eine Datenbank eingegeben und elektronisch ausgewertet (Microsoft® Excel 2000, Microsoft Corp., Redmond, WA, USA).

Falleigenschaften bei Aufnahme auf die Intensivstation bezogen sich auf Alter, Geschlecht, zuweisende Fachabteilung und Krankheitsschweregrad (APACHE-II-Score). Der APACHE-Score wurde jeweils unmittelbar nach Aufnahme in die ITS erhoben. Die klinischen Parameter der Fälle während der intensivmedizinischen Behandlung umfassten Behandlungsdauer (Überwachung, Intensivbehandlung), mechanische Beatmung sowie kontinuierliche Nierenersatztherapie. Die Differenzierung zwischen Intensivbehandlung und -überwachung wurde im gesamten Erfassungszeitraum nach einem gleichbleibenden klinikinternen Kriterienkatalog festgelegt. Als Ergebnisparameter der Behandlung auf der

Intensivstation fungierten bei den Fällen insgesamt die Liegedauer pro Fall, der Pflegeaufwand pro Fall (Summe der Therapeutic Intervention Scoring System (TISS)-28-Punkte) und die Mortalitätsrate. Bei den Fällen mit mechanischer Beatmung und in der Subgruppe der Fälle mit Langzeitbeatmung über 4 Tage oder länger wurden je Fall die Beatmungsdauer, die Liegedauer und der Pflegeaufwand (Summe der TISS-28-Punkte) herangezogen.

Quantifizierung der Fallkosten auf der Intensivstation

Die Kosten der Intensivstation lagen in € pro Kalenderjahr [16] in elektronischer Form vor (Microsoft-Excel®-Dateien) und umfassten drei Kostenblöcke:

- Personalkosten inklusive Personalnebenkosten für Ärzte und für Pflegepersonal.
- Kosten des medizinischen Bedarfs insgesamt mit folgenden Kategorien: Arzneimittel außer Dialysebedarf; Blut und Blutprodukte; Verbandmittel; ärztliches und pflegerisches Verbrauchsmaterial; Narkose- und sonstiger OP-Bedarf; Röntgenbedarf; Laborbedarf; Untersuchungen in fremden Instituten; Bedarf für EKG, EEG und Sonographie; Bedarf für physikalische Therapie; Desinfektionsmittel; Dialysebedarf; Kosten für Krankentransporte; sonstiger medizinischer Bedarf.
- Kosten für Laboruntersuchungen.

Die fallbezogenen Kosten während der intensivmedizinischen Behandlung wurden daher mit der „top down“-Methode quantifiziert. Die Dateien wurden in eine Microsoft-Excel®-2000-Datenbank importiert und elektronisch ausgewertet.

Im ersten Schritt wurden die Kosten um die Inflation korrigiert, da die Analyse einen Zeitraum von mehr als einem Jahr umfasste. Hierzu wurde 2004 als Basisjahr gewählt und die Kosten der Jahre 2000, 2001 und 2003 auf 2004 inflationiert. Die jeweiligen Kostensteigerungen der Krankenhäuser in den Neuen Bundesländern wurden anhand der amtlichen Statistik zum jährlichen Kostennachweis der Krankenhäuser in Deutschland [17-21] ermittelt.

Im zweiten Schritt wurden die jährlichen Kosten in Preisen von 2004 pro Kostenblock und danach insgesamt jeweils für Zeitraum 1 (Jahre 2000 und 2001) und Zeitraum 2 (Jahre 2003 und 2004) aufsummiert.

Im dritten Schritt wurden die jeweiligen Kosten pro Zeitraum durch die Fallzahl pro Zeitraum dividiert, um die Mittelwerte der Personalkosten pro Fall, des medizinischen Bedarfs pro Fall, der Laborkosten pro Fall und der Fallkosten insgesamt zu erhalten. Die korrespondierenden Mittelwerte pro Tag intensivmedizinischer Behandlung wurden ebenfalls ermittelt. Hierzu wurden die jeweiligen Kosten pro Zeitraum durch die Summe der Behandlungstage pro Zeitraum geteilt.

Im letzten Schritt wurden die jeweiligen Mittelwerte der Kosten pro Tag auf der Intensivstation mit der Liegedauer jedes

einzelnen Falles multipliziert, um so die Verteilung der individuellen Fallkosten pro Zeitraum zu erhalten. Denn die Kosten intensivmedizinischer Behandlung werden fast ausschließlich von der Liegedauer bestimmt [22,23].

Alle anderen Kosten wurden nicht berücksichtigt. So wurden die Kosten der nicht-klinischen Dienste, Unterhalts-, Energie- und Verwaltungskosten, Kosten der Physiotherapie sowie Investitionskosten für Immobilien und langlebige Wirtschaftsgüter von der Analyse ausgeschlossen.

Vergleich mit publizierten Daten

Zur Einordnung der Effizienz der untersuchten Intensivstation wurden die gewonnenen Kennzahlen mit publizierten Daten von Prien et al. [24] und Moerer et al. [25] verglichen. Hierbei wurde vor allem auf die aktuellen retrospektiven

BDA/DGAI-Studienergebnisse von Prien et al. [24] zurückgegriffen, da diese sehr detaillierte und vergleichbare Daten enthalten. Aufgrund der verschiedenen Bezugsjahre (1999 für Prien et al., 2003 für Moerer et al.) wurden die Daten ebenfalls auf das Jahr 2004 entsprechend der oben beschriebenen Vorgehensweise inflationiert [17-21].

Statistik

Alle in der Datenbank kompilierten Variablen wurden mit Microsoft-Excel® 2000 ausgewertet. Die nominal skalierten Variablen wurden als Prozentangaben quantifiziert. Alle kontinuierlichen Variablen wurden mit dem Kolmogoroff-Smirnov-Anpassungstest auf Normalverteilung geprüft [26]. Die deskriptive Statistik umfasste Mittelwert, Standardabweichung, Modalwert, Median, Interquartils-Range (25.–75. Perzentil) und Spannweite (Minimum-Maximum) [27]. Da alle kontinuierlichen Variablen nicht normalverteilt waren, wurden 95 %-Bootstrap-Konfidenzintervalle der Mittelwerte bestimmt. Hierzu wurde nicht-parametrisches Bootstrapping (jeweils 10.000 Ziehungen aus den Originaldaten, mit Zurücklegen) nach der Perzentil-Methode [28] verwendet.

Unterschiede in der Ausprägung der Variablen nach vs. vor Prozessoptimierung (Zeitraum 2 vs. Zeitraum 1) wurden mit einem zweiseitigen p-Wert <0,05 auf Signifikanz getestet. Bei den nominal skalierten Variablen wurde der exakte Test von Fisher [29] und für die kontinuierlichen Variablen ein nichtparametrischer Rangsummentest (Mann-Whitney U-Test) [30] verwendet. Deskriptive Statistik und statistische Tests wurden mit Analyse-it™ Version 1.73 for Microsoft Excel (Analyse-it Software Ltd., Leeds, UK) durchgeführt. Nicht-parametrisches Bootstrapping erfolgte mit Crystal Ball® 2000 Professional Edition 5.1 for Microsoft Excel (Decisioneering Inc., Denver, CO, USA).

Für die Ergebnisdarstellung in den Tabellen und Abbildungen wurden bei den kontinuierlichen Variablen drei Kenngrößen ausgewählt: 1) Mittelwert als entscheidungsrelevantes Maß der zentralen

Tabelle 3

Verlauf und Ergebnis der Behandlung auf der Intensivstation vor und nach Prozessoptimierung.

Variable	Vor PO (Jahre 2000 und 2001)	Nach PO (Jahre 2003 und 2004)	Nach vs. vor PO ¹
Fälle insgesamt (n)	1.704	2.044	
Behandlungsintensität²			
Überwachung/ Intensivbehandlung (%)	41,8 / 58,2	42,0 / 58,0	n.s.
Mechanische Beatmung³			
Fälle (%)	18,1	16,8	n.s.
Nierenersatztherapie			
Fälle (%)	2,1	2,9	n.s.
Nierenersatztage ⁴ pro Fall ⁵	6,4±6,2 [4,8-9,2]	6,9±6,1 [5,6-9,5]	n.s.
Mortalitätsrate insgesamt (%)	6,8	6,9	n.s.
Liegedauer ⁴ insgesamt pro Fall (Tage) ⁵	4,5±5,9 [4,3-4,9]	3,8±4,2 [3,6-4,0]	p <0,0001
Pflegeaufwand pro Fall (TISS-28-Punkte) ⁵	123,4±221,9 [114,3-137,2]	100,4±157,1 [94,3-108,2]	p <0,0001
Behandlungskosten ⁶ pro Fall (€) ⁵	2.435±3.190 [2.290-2.596]	1.815±1.997 [1.735-1.910]	p <0,0001

1 Statistische Signifikanz war mit zweiseitigem p <0,05 definiert.

2 Unterscheidung nach Summe der TISS-28-Punkte am Aufnahmetag: Überwachung bei \square 22 Punkten, Intensivbehandlung bei \geq 23 Punkten [31].

3 Beatmungs- und Liegetage pro Fall siehe Tabelle 4.

4 Jeder angebrochene Tag war als ein Tag dokumentiert.

5 Mittelwert±Standardabweichung [Unter- und Obergrenze vom 95%-Bootstrap-Konfidenzintervall].

6 Bestehend aus Personalkosten (inklusive Personalnebenkosten), Laborkosten und Kosten des medizinischen Bedarfs.

DIVI = Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin, **n.s.** = nicht signifikant, **PO** = Prozessoptimierung, **TISS-28** = Therapeutic Intervention Scoring System 28 items, **vs.** = versus.

Tendenz; 2) Standardabweichung als Streuungsmaß; 3) 95 %-Bootstrapped-Konfidenzintervall vom Mittelwert als Vertrauensbereich.

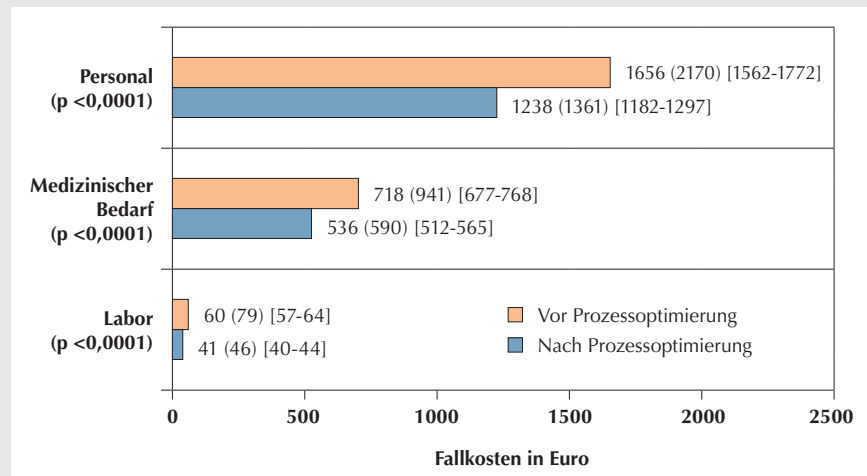
3. Ergebnisse

Fälle insgesamt

Vor Prozessoptimierung wurden insgesamt 1.704 Fälle behandelt, nach Prozessoptimierung waren es insgesamt 2.044 Fälle. Es gab keine signifikanten Unterschiede bei Alter, Geschlecht, zuweisender Fachabteilung und Krankheitsschwere zwischen den Fällen bei Aufnahme auf die Intensivstation (Tab. 2). Die Auslastung der ITS lag vor der PO bei 79,9 % (Jahre 2000 und 2001 zusammengefasst), sank während der PO auf 74,3 % und stieg danach wieder auf 77,5 % an (Jahre 2003 und 2004 zusammengefasst). Für die einzelnen Jahre betrug die Auslastung 81,4 % (2000), 78,4 % (2001), 74,3 % (2002), 76,0 % (2003) und 79,0 % (2004).

Im Verlauf der intensivmedizinischen Behandlung gab es ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Zeiträumen bei der Verteilung der Behandlungsintensität, dem Anteil der

Abbildung 1



Fallkosten* nach Kostenblock in Preisen von 2004 (in €).

*Mittelwert (Standardabweichung) [Unter- und Obergrenze vom 95%-Bootstrapped-Konfidenzintervall].

Fälle mit mechanischer Beatmung sowie mit kontinuierlicher Nierenersatztherapie und bei der Mortalität (Tab. 3).

Im Zeitraum nach Prozessoptimierung war jedoch die Ausprägung folgender Zielgrößen auf der ITS signifikant geringer als vor Prozessoptimierung: Die Liegedauer pro Fall sank um 16 %, der Pflegeaufwand pro Fall um 19 % und die Fallkosten um 25 % (Tab. 3).

Die einzelnen Kostenblöcke der Fallkosten sanken ebenfalls durchweg signifikant nach Prozessoptimierung: Personalkosten pro Fall um 25 %, Kosten des medizinischen Bedarfs pro Fall um 25 % und Laborkosten pro Fall um 32 % (Abb. 1).

Bei den Personalkosten sanken die Kosten des Ärztlichen Dienstes um 26 % von 466 € auf 348 € pro Fall nach Prozessoptimierung, die Kosten des Pflegedienstes sanken um 25 % von 1.190 € auf 890 € pro Fall nach Prozessoptimierung.

Insgesamt wurden Einsparungen in Höhe von 182 € pro Fall bei den Kosten des medizinischen Bedarfs erzielt (Abb. 1). Die höchsten Einsparungen pro Fall entstanden bei den Arzneimitteln, gefolgt von Untersuchungen in fremden Instituten, ärztlichem und pflegerischem Verbrauchsmaterial sowie den Blut- und Blutprodukten (Abb. 2). Der vergleichsweise geringe Mehraufwand bei zwei Kategorien (Dialysebedarf; Narkose- und sonstiger OP-Bedarf) fällt demgegenüber kaum ins Gewicht (Abb. 2).

Fälle mit mechanischer Beatmung

Wie in Tabelle 1 beschrieben, umfasste die Prozessoptimierung auch verschiedene Maßnahmen bezüglich der mechanischen Beatmung, wie z.B. die vollständige Umstellung des Analgo-

Tabelle 4

Fälle mit mechanischer Beatmung auf der Intensivstation vor und nach Prozessoptimierung.

Variable	Vor PO (Jahre 2000 und 2001)	Nach PO (Jahre 2003 und 2004)	Nach vs. vor PO ¹
Fälle mit mechanischer Beatmung (n)	308	344	
Anteil an Fällen insgesamt (%)	18,1	16,8	n.s.
Alter (Jahre) ²	59,3±18,6 [57,1-61,2]	63,2±17,1 [61,3-65,0]	p=0,0037
Männlich / weiblich (%)	61,9 / 38,1	59,4 / 40,6	n.s.
Krankheitsschwere (APACHE-II-Score) ²	18,2±8,5 [17,3-19,3]	21,6±10,1 [20,6-22,7]	p < 0,0001
Beatmungstage ³ pro Fall ²	6,7±10,1 [5,7-8,0]	5,9±7,2 [5,1-6,6]	n.s.
Liegedauer ³ pro Fall (Tage) ²	9,3±11,5 [8,2-10,8]	8,1±8,0 [7,3-9,0]	n.s.
Pflegeaufwand pro Fall (TISS-28-Punkte) ²	324,3±442,8 [281,9-385,7]	281,7±301,2 [252,3-317,7]	n.s.

1 Statistische Signifikanz war mit zweiseitigem p < 0,05 definiert.

2 Mittelwert±Standardabweichung [Unter- und Obergrenze vom 95 %-Bootstrapped-Konfidenzintervall].

3 Jeder angebrochene Tag war als ein Tag dokumentiert.

APACHE II = Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II, n.s. = nicht signifikant,

PO = Prozessoptimierung, TISS-28 = Therapeutic Intervention Scoring System 28 items, vs. = versus.

sedierungskonzeptes von Fentanyl/Midazolam auf Remifentanyl/Propofol bei beatmeten Patienten. Im Zeitraum vor Prozessoptimierung wurden insgesamt 308 Fälle mechanisch beatmet, im Zeitraum nach Prozessoptimierung waren es 344 Fälle (Tab. 4). Es gab keine signifikanten Unterschiede beim Anteil dieser Beatmungsfälle an den Fällen insgesamt sowie bei der Verteilung männlich zu weiblich zwischen den Zeiträumen (Tab. 4).

Die Fälle mit Beatmung waren im Zeitraum nach Prozessoptimierung signifikant älter (63,2 vs. 59,3 Jahre) und schwerer erkrankt (APACHE-II-Score 21,6 vs. 18,2) als im Zeitraum vor Prozessoptimierung (Tab. 4). Es zeigte sich jedoch im Zeitraum nach Prozessoptimierung ein nicht signifikanter Trend zu einer

kürzeren Beatmungsdauer (5,9 vs. 6,7 Tage; $p=0,18$), zu einer kürzeren Liegedauer (8,1 vs. 9,3 Tage; $p=0,36$) und zu einem geringeren Pflegeaufwand (281,7 vs. 324,3 TISS-28-Punkte; $p=0,39$) auf der ITS als im Zeitraum vor Prozessoptimierung (Tab. 4).

Vergleich mit anderen Intensivstationen

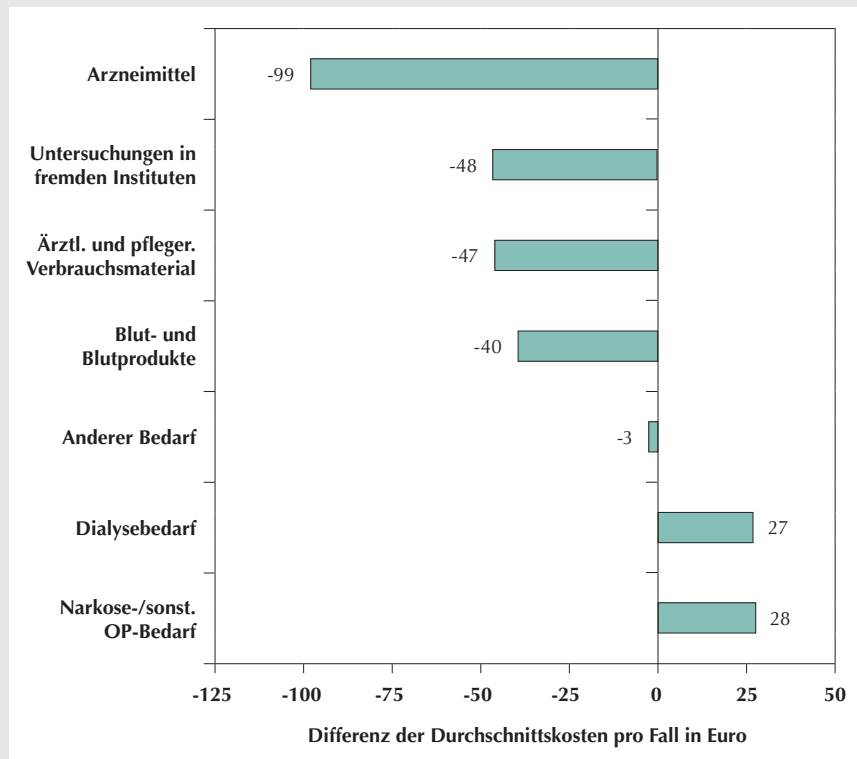
Für Intensivstationen in Krankenhäusern mit 250 bis 499 Betten in den Neuen Bundesländern [24] ist die untersuchte Intensivstation jedoch repräsentativ (Tab. 5). Dies gilt für die absolute Zahl der Intensivbetten ebenso wie für den prozentualen Anteil der Intensivbetten an den Gesamtbetten und für die Liegedauer auf der Intensivstation. Die durchschnittlichen Behandlungskosten

pro Fall waren auf der Intensivstation des Sana-Krankenhauses Rügen jedoch bereits vor der Prozessoptimierung erheblich niedriger (2.435 € vs. 3.220 €) als auf den vergleichbaren Intensivstationen (Tab. 5) und konnten durch die Prozessoptimierung signifikant um 25 % weiter verringert werden (Tab. 3). Ein Vergleich mit neueren Kostendaten von 2003 weist ebenfalls auf die niedrigen Kosten der Intensivstation des Sana-Krankenhauses in Bergen auf Rügen hin: Laut Moerer et al. [25] liegen die durchschnittlichen tagesbezogenen Intensivstationskosten inklusive Overheadkosten pro Patient in deutschen Krankenhäusern der Allgemeinversorgung ($n=103$) bei 708 €. Dagegen betragen die durchschnittlichen tagesbezogenen Intensivstationskosten ohne Overhead pro Patient auf der untersuchten Intensivstation nach der Prozessoptimierung 504 € (1915 € Behandlungskosten pro Fall dividiert durch die durchschnittliche Verweildauer von 3,8 Tagen). Schätzt man die Overhead-Kosten auf etwa 15 % der Gesamtkosten einer Intensivstation [24,32], so würden die durchschnittlichen tagesbezogenen Intensivstationskosten inklusive Overhead nach der Prozessoptimierung 580 € betragen (alle Preise auf das Jahr 2004 inflationiert).

4. Diskussion

Die vorliegende Studie zeigte relevante Einsparungen bei den Zielgrößen Liegedauer, Pflegeaufwand und Fallkosten nach Prozessoptimierung auf einer 10-Betten-Intensivstation bei unveränderten Eigenschaften der Fälle bei Aufnahme sowie bei unveränderter Mortalität. Der Gesamteffekt des Maßnahmebündels muss als vorteilhaft sowohl hinsichtlich der Qualität als auch hinsichtlich der Kosten im Krankenhaus bewertet werden. Somit kann eine Gesamtstrategie zur Prozessoptimierung auf der ITS, die den ausschließlichen Einsatz von Remifentanyl/Propofol zur Analgosedierung von mechanisch beatmeten Patienten umfasst, effizienzsteigernd sein. Eine definitive Einzelbewertung der durchgeführten Maßnahmen, wie z.B. des Analgosedierungskonzepts, ist wegen der

Abbildung 2



Veränderung der Kosten¹ des medizinischen Bedarfs² pro Fall nach Prozessoptimierung in Preisen von 2004 (in €). Negative Kosten stellen Einsparungen dar.

1 Differenz in € gegenüber dem Zeitraum vor Prozessoptimierung.

2 Anderer Bedarf besteht aus acht Kategorien: Bedarf für EKG, EEG, Sonographie; Bedarf für physikalische Therapie; Desinfektionsmittel; Kosten für Krankentransporte; Laborbedarf; Röntgenbedarf; sonstiger Bedarf; Verbandmittel (jeweils mit einer absoluten Differenz zwischen -3 € und 2 €).

gleichzeitigen Durchführung jedoch nicht möglich. Dies mag zwar unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten von Nachteil sein, entspricht jedoch durchaus den Intentionen der Krankenhausführung, die primär nach einer wirksamen und möglichst schnellen Optimierung der Patientenversorgung suchte. Alle Maßnahmen dienten einer vereinfachten Beherrschung der Abläufe in einer ITS, die schon aufgrund des breiten Fallspektrums einen hohen Komplexitätsgrad aufwies. Diese Anforderung blieb über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg auch unverändert bestehen.

Einfluss der Maßnahmen zur Prozessoptimierung

Fälle insgesamt

Das gesamte Maßnahmenpaket zur Prozessoptimierung (Tab. 1) hat zu einer relevanten Effizienzsteigerung der ITS geführt durch eine signifikante Reduktion der Liegedauer um 16 %, des Pflegeaufwands um 19 % und der Fallkosten um 25 % auf der ITS bei unveränderten demographischen und klinischen Eigenschaften der Fälle (Tab. 2 und 3) sowie gleicher Mortalität im Verlauf der intensivmedizinischen Behandlung (Tab. 3).

Aufgrund der starken Korrelation zwischen Liegedauer und Fallkosten auf der Intensivstation [22,23] können solche

Maßnahmen als wesentliche Einflussfaktoren charakterisiert werden, die insgesamt zur signifikanten Reduktion der durchschnittlichen Liegedauer um 0,7 Tage (von 4,5 auf 3,8 Tage, $p < 0,0001$) geführt haben. Zum einen sind die Anwendung von Leitlinien zur Vermeidung von Komplikationen, die Anwendung antiinfektiös beschichteter Katheter und die Überwachung von nosokomialen Infektionen via externe Qualitätssicherung nach dem Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System (KISS) zu nennen. Denn Komplikationen, insbesondere nosokomiale Infektionen, führen sonst zu einer erheblichen Verlängerung der Liegedauer [33]. Darüber hinaus hat vermutlich die Optimierung der Verlaufs- und Verlegungsplanung durch rechtzeitige Einrichtung einer Betreuung bzw. frühzeitigen Antrag auf Rehabilitationsbehandlung, insbesondere bei Fällen mit Langzeitbeatmung, zur Verringerung der Liegedauer beigetragen. Der Einfluss dieser Maßnahmen wird beim Vergleich der Liegedauerverteilungen deutlich. So stieg die Häufigkeit des Modalwerts (jeweils 2 Tage) von 43 % auf 52 % der Fälle (Abb. 3). Gleichzeitig konnte eine Verringerung bei längeren Liegedauern, insbesondere zwischen sieben und acht Tagen beobachtet werden.

Die signifikante Reduktion des Pflegeaufwands pro Fall von 123,4 auf 100,4

TISS-28-Punkte ($p < 0,0001$) kann als direkte Konsequenz der signifikanten Liegedauerverkürzung interpretiert werden. Denn nach wie vor der Prozessoptimierung belief sich der durchschnittliche Pflegeaufwand pro Tag intensivmedizinischer Behandlung auf rund 27 TISS-28-Punkte. Der geringere Pflegeaufwand pro Fall geht daher wahrscheinlich ebenfalls auf die oben beschriebenen Maßnahmen zurück, die zur Liegedauerverkürzung geführt haben.

Die signifikante Verringerung der durchschnittlichen Fallkosten um 620 € von 2.435 € auf 1.815 € ist die Folge einer durchweg signifikanten Reduktion bei den Kostenblöcken Personal, medizinischer Bedarf und Laboruntersuchungen (Abb. 1). Trotz einer leicht verringerten Stellenzahl um knapp 7 % konnte nach Prozessoptimierung eine höhere Anzahl von Fällen (Tab. 3) behandelt werden, was zur Reduktion der Personalkosten pro Fall von 1.656 € auf 1.238 € ($p < 0,0001$) führte. Die signifikante Verringerung der Laborkosten von 60 € auf 41 € pro Fall wurde durch die Optimierung der diagnostischen Verfahren bewirkt, weil im Zeitraum nach Prozessoptimierung ausschließlich bedarfsgerechte Laboruntersuchungen nach klinischen Gesichtspunkten durchgeführt wurden (Tab. 1).

Tabelle 5

ITS des Sana-Krankenhauses in Bergen auf Rügen und vergleichbare Intensivstationen in den Neuen Bundesländern [24].

Variable	Krankenhäuser mit 250 bis 499 Betten (Jahr 1999)	Sana-Krankenhaus in Bergen auf Rügen	
		vor PO (Jahre 2000–2001)	nach PO (Jahre 2003–2004)
Betten			
Gesamt (n)	337 ^a	278	278
Intensivbetten (n)	11,3 ^a	10	10
Anteil Intensiv- an Gesamtbetten (%)	3,4 ^a	3,5	3,5
Intensivstation			
Liegedauer pro Fall (Tage)	2–6 ^b	4,5	3,8
Behandlungskosten ¹ pro Fall (€) ²	3.220±885c	2.435±3.190	1.815±1.997

a Durchschnitt von 30 Krankenhäusern mit 250 bis 499 Betten in den Neuen Bundesländern [24].

b Spannweite (Minimum–Maximum) der Durchschnittswerte auf den Intensivstationen der 30 Krankenhäuser mit 250 bis 499 Betten in den Neuen Bundesländern [24].

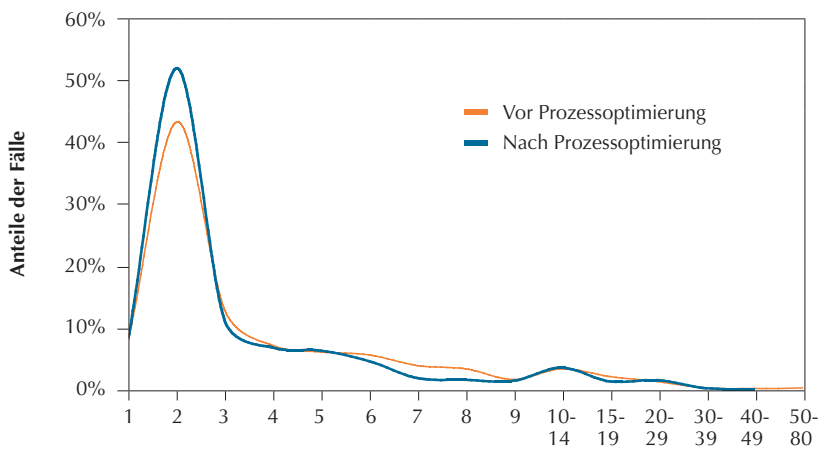
c Auf Basis von sieben der 30 Krankenhäuser mit 250 bis 499 Betten in den Neuen Bundesländern [24].

1 Bestehend aus Personalkosten (inklusive Personalnebenkosten), Laborkosten und Kosten des medizinischen Bedarfs (jeweils in Preisen von 2004), jeweils ohne Overhead-Kosten.

2 Mittelwert±Standardabweichung.

ITS = Intensivstation, PO = Prozessoptimierung.

Abbildung 3



Vergleich der Liededauerverteilung nach versus vor Prozessoptimierung bei den Fällen insgesamt (p < 0,0001).

Die signifikante Reduktion der Kosten des medizinischen Bedarfs pro Fall von 718 € auf 536 € (Abb. 1) hat mehrere Ursachen (Abb. 2). So führten die Anwendung interner und publizierter Leitlinien zur Komplikationsprophylaxe, zur rationalen Antibiotikatherapie und zur Behandlung schwerer Krankheitsbilder sowie die Überwachung nosokomialer Infektionen im Rahmen des Krankenhaus-Infektions-Surveillance-Systems (Tab. 1) zu Einsparungen in Höhe von 99 € pro Fall bei der Kategorie Arzneimittel. Ein kostensenkender Effekt derartiger Maßnahmen ist auch für andere Intensivstationen beschrieben worden [33-38]. Die Optimierung der Röntgendiagnostik (Tab. 1) zog Einsparungen in Höhe von 48 € pro Fall bei der Kategorie Untersuchungen in fremden Instituten nach sich. Einsparungen in Höhe von 47 € pro Fall gehen auf die bedarfsgerechte Diagnostik nach klinischen Gesichtspunkten und die Vereinheitlichung der Medizinprodukte zurück (Tab. 1). Die kontinuierliche Infusion eines Plasma-Expanders bei schweren Krankheitsbildern und damit weitgehender Verzicht auf Fresh-frozen-Plasma (Tab. 1) führten zu Einsparungen in Höhe von 40 € pro Fall bei der Kategorie Blut- und Blutprodukte.

Die Summe der Einsparungen in Höhe von 234 € pro Fall bei diesen vier Ka-

tegorien und die Einsparungen in Höhe von 3 € pro Fall für weitere acht Kategorien zusammengenommen überwogen bei weitem den vergleichsweise geringen Mehraufwand, der beim Dialysesowie Narkose- und sonstigem OP-Bedarf entstand (Abb. 2).

Fälle mit mechanischer Beatmung

Die Fälle mit mechanischer Beatmung (Tab. 4) waren nach Prozessoptimierung signifikant älter und schwerer erkrankt. Dennoch zeigte sich nach Prozessoptimierung ein Trend zur Verringerung der durchschnittlichen Beatmungsdauer um 0,8 Tage, der durchschnittlichen Liededauer um 1,2 Tage und des durchschnittlichen Pflegeaufwands um 42,6 TISS-28-Punkte (Tab. 4).

Die Verringerung von Beatmungs- und Liededauer sowie des Pflegeaufwands gehen wahrscheinlich auf die bereits oben beschriebenen Maßnahmen zur Liededauerverkürzung und vermutlich auf den Einsatz von Remifentanyl/Propofol an Stelle von Fentanyl/Midazolam zur Analgosedierung bei mechanischer Beatmung zurück, da insbesondere multimorbide Patienten mit Organfunktionsstörungen von gut steuerbaren Substanzen mit kurzer Wirkdauer profitieren.

Eine Reihe von klinischen Studien hat gezeigt, dass die Vorteile einer Analgo-

sedierung mit Remifentanyl für mechanisch beatmete, intensivmedizinisch betreute Patienten gleichzeitig eine Effizienzsteigerung auf der Intensivstation durch Verringerung des Ressourcenverbrauchs bedeuten kann [39]. Hierbei entstand eine Reduktion des Ressourcenverbrauchs auf der Intensivstation jeweils durch eine signifikante Verringerung der durchschnittlichen Liededauer [45-47], der durchschnittlichen Beatmungs- und Liededauer [46,47] oder der Weaning-Dauer [42]. Bestätigt wird diese Annahme auch durch eine aktuelle niederländische Real-Life-Studie (offen, multizentrisch, „cross-over“-Design), in der die Wirkung eines Remifentanyl/Propofol-Regimes auf Weaning-, Beatmungs- und ITS-Zeiten im Vergleich zu konventionellen Analgesie- und Sedierungs-Regimes untersucht wurde. 205 Patienten mit voraussichtlich 2-3-tägiger Beatmungsdauer wurden eingeschlossen, da Remifentanyl für die Analgesie von künstlich beatmeten, intensivmedizinisch betreuten Patienten über einen Zeitraum von 3 Tagen zugelassen ist. Die Studie zeigte, dass das Remifentanyl/Propofol-Regime zu einer signifikant kürzeren Weaningzeit führt. Aufgrund dessen war die Wahrscheinlichkeit der Extubation und ITS-Entlassung innerhalb der drei ersten Tage bei den Patienten mit Remifentanyl/Propofol signifikant höher, d.h. fast doppelt so hoch wie bei der Vergleichsgruppe [48].

Die beobachtete Verringerung von Beatmungs- und Liededauer bei Einsatz von Remifentanyl/Propofol anstelle von Fentanyl/Midazolam auf der Intensivstation des Sana-Krankenhauses Rügen stimmt mit den oben beschriebenen Studien [41,42,45-47] überein. Im Gegensatz zu diesen Studien war das Ausmaß der jeweiligen Verringerung jedoch nicht signifikant zum 5 %-Niveau (Tab. 4). Ursächlich hierfür könnte sein, dass erstens die verglichenen Patientenkollektive sich in Bezug auf Alter und Krankheitsschwere unterschieden und zweitens Beatmungsparameter unter Remifentanyl/Propofol nicht auf Stundenbasis mit Fentanyl/Midazolam verglichen werden konnten, da vor Prozessoptimierung keine stundenweise Dokumentation erfolgte.

Limitationen

Fallbezogene Behandlungskosten

Weil die Routinedokumentation auf der Intensivstation keine fallorientierte Kostenerfassung („bottom up“) bot, erfolgte die Quantifizierung fallbezogener Behandlungskosten mit der „top-down“-Methode. Die durchschnittlichen Fallkosten wurden daher anhand der kumulierten Beträge und der Fallzahlen pro Zeitraum ermittelt. Gleiches galt für die Mittelwerte der einzelnen Kostenblöcke (Personal, medizinischer Bedarf, Laboruntersuchungen) sowie der einzelnen Kategorien des medizinischen Bedarfs.

Die Verteilung der individuellen Fallkosten pro Zeitraum konnte aus den jeweiligen Mittelwerten der Kosten pro Tag intensivmedizinischer Behandlung und der Liegedauer jedes einzelnen Falls auf der Intensivstation abgeleitet werden, weil die Kosten intensivmedizinischer Behandlung im Wesentlichen von der Liegedauer abhängen, und zwar unabhängig von der Behandlungsintensität (Intensivbehandlung oder Überwachung) und unabhängig vom Krankheitsschweregrad der Fälle [22,23].

Die wesentlichen Kostenblöcke aus Sicht des Krankenhauses, die bei intensivmedizinischer Behandlung anfallen, wurden im Verlauf der vorliegenden Studie berücksichtigt: Personalkosten einschließlich Personalnebenkosten, die einzelnen Kategorien der Kosten des medizinischen Bedarfs sowie die Laborkosten [24,32].

Die Overhead-Kosten für nicht-klinische Dienste, Unterhalt, Energie und Verwaltung sowie durch Investitionen in Immobilien und langlebige Wirtschaftsgüter wurden nicht erfasst und daher von der Analyse ausgeschlossen. Derartige Overhead-Kosten einzelner Funktionsbereiche im Krankenhaus können meistens nur geschätzt werden [24]. Wie bereits beschrieben, kann jedoch davon ausgegangen werden, dass sich die Overhead-Kosten auf etwa 15 % der Gesamtkosten einer Intensivstation belaufen [24,32]. Insofern handelt es sich eher um einen konservativen Be-

wertungsansatz bei Ausschluss dieser Overhead-Kosten.

Effektbeschreibung

Zwar wäre es wünschenswert gewesen, wenn die Wirkungen der einzelnen Maßnahmen separiert hätten dargestellt werden können, die praxisorientierte Anlage des Vorgehens hat dies jedoch nicht gestattet. Es sei noch einmal daran erinnert, dass im Vordergrund der Bemühungen nicht etwa die wissenschaftliche Bewertung bestimmter Maßnahmen stand, sondern die praktische Umsetzung der Prozessoptimierung, wobei allerdings die Maßnahmenüberprüfung eine wichtige Kontrollfunktion darstellt. Zur Wertigkeit einzelner Maßnahmen der PO kann zwar keine Aussage getroffen werden, allerdings zur Wertigkeit des gesamten Maßnahmenbündels. Einzelne Maßnahmen wie etwa kontinuierliche HAES-6-Infusionen oder die frühzeitige temporäre perkutane Tracheotomie würden nach dem heutigen Kenntnisstand wohl eher zurückhaltend bewertet.

Übertragbarkeit und methodische Einzelfragen

Das Design einer monozentrischen retrospektiven Beobachtungsstudie mit administrativen Daten aus der Routinedokumentation bringt naturgemäß Vor- und Nachteile mit sich. Wesentliche Vorteile liegen in der schnellen Verfügbarkeit der Daten und der unmittelbaren empirischen Relevanz der Studienergebnisse für die untersuchte Einrichtung, hier die Intensivstation des Sana-Krankenhauses Rügen. Problematisch ist eine direkte Übertragung der Studienergebnisse auf die Situation der Intensivstationen insgesamt in Deutschland, da Patientenpopulationen sowie Art und Ausmaß der Wirkungen einzelner Maßnahmen zur Prozessoptimierung von lokalen Bedingungen abhängen [23]. Jedoch können die Ergebnisse auf Intensivstationen in Krankenhäusern mit 250 bis 499 Betten in den Neuen Bundesländern unter Berücksichtigung von krankenhausspezifischen Faktoren übertragen werden (Tab. 5).

Neben den oben beschriebenen Einschränkungen einer monozentrischen

Studie sind auch solche Limitationen zu diskutieren, die administrative Daten aus der Routinedokumentation mit sich bringen. So konnten fallbezogene Behandlungskosten bei kontinuierlicher Nierenersatztherapie sowie bei mechanischer Beatmung nicht ermittelt werden. Zudem war es nicht möglich, den Einfluss von Remifentanyl/Propofol auf die Verringerung der Liegedauer auf der Intensivstation bei mechanischer Beatmung abzuschätzen, da dieses Analgosedierungs-Konzept in ein Bündel von Maßnahmen eingebettet war (Tab. 1), das insgesamt zu einer signifikant kürzeren Liegedauer nach Prozessoptimierung geführt hat. Ebenso konnten Beatmungsparameter auf Stundenbasis unter Remifentanyl/Propofol nicht mit Fentanyl/Midazolam verglichen werden, da vor Prozessoptimierung keine stundenweise Dokumentation stattfand. Des Weiteren war es nicht möglich, den Einfluss der verringerten Beatmungsdauer unter Remifentanyl/Propofol auf die Inzidenz von beatmungsassoziiertes Pneumonie [49] und die Folgekosten [50] zu untersuchen.

5. Schlussfolgerungen

Die Maßnahmen zur Prozessoptimierung haben zu einer relevanten Effizienzsteigerung der ITS des Sana-Krankenhauses Rügen bei gleicher Mortalität auf der ITS geführt.

Bei den Fällen mit mechanischer Beatmung haben die Maßnahmen zur Prozessoptimierung ebenfalls eine Effizienzsteigerung bewirkt, denn trotz signifikant höheren Alters und höheren Krankheitschweregrads gab es eine relevante Verringerung der Beatmungs- und Liegedauer sowie des Pflegeaufwands.

6. Danksagung

Die Autoren danken der Firma Glaxo SmithKline GmbH & Co. KG, München, für die finanzielle Unterstützung zur Durchführung der Studie. Während der Durchführung der Studie und der Manuskripterstellung war Dr. Peter K. Schädlich Mitarbeiter der InForMed GmbH, Ingolstadt.

Der Inhalt der Studie wurden in Auszügen auf folgenden Tagungen präsentiert: 19th Annual Congress of the European Society of Intensive Care Medicine, Barcelona, Spain, 24–27 September 2006; 9th Annual European Congress of the International Society for Pharmacoeconomics and Outcomes Research, Copenhagen, Denmark, 28–31 October 2006; 8. Deutscher Interdisziplinärer Kongress für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI), Hamburg, Deutschland, 08.-11. November 2006.

7. Literatur

1. Partsch H, Blättler W. Leitlinien zur Thromboembolie-Prophylaxe. *Phlebologie* 1996;25:261-266.
2. Landes HR, Panknin HT, Vogel F. Perioperative Antibiotikaprophylaxe. *Medizin im Dialog* 1998;4:1-7 [ISSN 1434-2804].
3. Vogel F, Naber KG, Wacha H, Shah P, Sörgel F, Kayser FH, et al. PEG-Empfehlungen: Parenterale Antibiotika bei Erwachsenen. *Chemother J* 1999;8:3-51.
4. Vogel F, Worth H, Adam D, Elies W, Ewig S, Höffken G, et al. PEG-Empfehlungen: Rationale Therapie bakterieller Atemwegsinfektionen. *Chemother J* 2000;9:3-23.
5. Vogel F, Scholz H. PEG-Empfehlungen: Rationaler Einsatz oraler Antibiotika bei Erwachsenen. *Chemother J* 2002;11:47-58
6. International Sepsis Forum. Guidelines for the management of severe sepsis and septic shock. *Intensive Care Med* 2001;27[Suppl 1]:S1-S134.
7. Deutsche Gesellschaft für Neurologie. Schweres Schädelhirntrauma. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften – AWMF (ed.). AWMF-Leitlinie Nr. 030/076. Düsseldorf: AWMF; 2002.
8. Deutsche Gesellschaft für Verdauungs- und Stoffwechselkrankheiten, Deutsche Gesellschaft für Chirurgie, Deutsche Gesellschaft für Viszeralchirurgie. Therapie der akuten Pankreatitis. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften – AWMF (ed.). AWMF-Leitlinie Nr. 021/010. Düsseldorf: AWMF; 1998
9. Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin – DIVI. Leitlinie Akutes Nierenversagen. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften – AWMF (ed.). AWMF-Leitlinie Nr. 040/003. Düsseldorf: AWMF; 1996.
10. Böhm S, Vazquez de Anda D, Lachmann B. The open lung concept. In: Vincent J (ed.). *Yearbook of intensive care and emergency medicine*. Heidelberg: Springer-Verlag; 1998:430-440.
11. Fantoni A, Ripamonti D. A non-derivative, non-surgical tracheostomy: the translaryngeal method. *Intensive Care Med* 1997;23:386-392.
12. Steinbrecher E, Sohr D, Nassauer A, Daschner F, Rüden H, Gastmeier P. Die häufigsten Erreger bei Intensivpatienten mit nosokomialen Infektionen. Ergebnisse des Krankenhaus-Infektions-Surveillance-Systems (KISS). *Chemother J* 2000;9:179-183.
13. Blackstone ME, Miller RS, Hodgson AJ, Cooper SS, Blackhurst DW, Stein MA. Lowering hospital charges in the trauma intensive care unit while maintaining quality of care by increasing resident and attending physician awareness. *J Trauma* 1995;39:1051-1044.
14. Knaus WA, Draper EA, Wagner DP, Zimmerman JE. APACHE II: a severity of disease classification system. *Crit Care Med* 1985;13:818-829.
15. Miranda DR, de Rijk A, Schaufeli W. Simplified Therapeutic Intervention Scoring System: the TISS-28 items – results from a multicenter study. *Crit Care Med* 1996;24:64-73.
16. Verordnung über die Rechnungs- und Buchführungspflichten von Krankenhäusern. *Bundesgesetzblatt I* 1978:473-496.
17. Statistisches Bundesamt – StBA. Gesundheitswesen, Fachserie 12, Reihe 6.3: Kostennachweis der Krankenhäuser 2000. Wiesbaden: StBA; 2002: Tabellen 1.1 und 7.3.1.
18. Statistisches Bundesamt – StBA. Gesundheitswesen, Fachserie 12, Reihe 6.3: Kostennachweis der Krankenhäuser 2001. Wiesbaden: StBA; 2003: Tabellen 1.1 und 7.3.1.
19. Statistisches Bundesamt – StBA. Gesundheitswesen, Fachserie 12, Reihe 6.3: Kostennachweis der Krankenhäuser 2002. Wiesbaden: StBA; 2005: Tabellen 1.1 und 7.2.2.
20. Statistisches Bundesamt – StBA. Gesundheitswesen, Fachserie 12, Reihe 6.3: Kostennachweis der Krankenhäuser 2003. Wiesbaden: StBA; 2005: Tabellen 1.1 und 7.2.2.
21. Statistisches Bundesamt – StBA. Gesundheitswesen, Fachserie 12, Reihe 6.3: Kostennachweis der Krankenhäuser 2004. Wiesbaden: StBA; 2006: Tabellen 1.1 und 7.2.2.
22. Graf J, Graf C, Janssens U. Analysis of resource use and cost-generating factors in a German medical intensive care unit employing the Therapeutic Intervention Scoring System. *Intensive Care Med* 2002;28:324-331.
23. Burchardi H, Schneider H. Economic aspects of severe sepsis. A review of intensive care unit costs, cost of illness and cost effectiveness of therapy. *Pharmacoeconomics* 2004;22:793-813.
24. Prien Th, Groll O, Geldner G, Martin J, Weiler Th, Dahmen KG et al. Ist-Kosten Intensivmedizin deutscher Anästhesieabteilungen – Bezugsjahr 1999. *Anästhesiologie Intensivmedizin* 2002;43:244-254.
25. Moerer O, Plock E, Mgbor U, Schmid A, Schneider H, Wischniewsky MB, Burchard H. A German national prevalence study on the cost of intensive care: an evaluation from 51 intensive care units. *Critical Care* 2007;11:R69.
26. Hartung J, Elpelt B, Klösener KH. Statistik. Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. 13. Auflage. Kap. IV.1.6.B. Der Kolmogoroff-Smirnov-Anpassungstest. München: Oldenbourg; 2002:183-186.
27. Hartung J, Elpelt B, Klösener KH. Statistik. Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. 13. Auflage. Kap. I. Aufbereitung und Darstellung von Datenmaterial – Deskriptive Statistik. München: Oldenbourg; 2002:15-89.
28. Carpenter J, Bithell J. Bootstrap confidence intervals: when, which, what? A practical guide for medical statisticians. *Stat Med* 2000;19:1141-1164.
29. Hartung J, Elpelt B, Klösener KH. Statistik. Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. 13. Auflage. Kap. VII.1.2.B. Der exakte Test von Fisher. München: Oldenbourg; 2002:416-418.
30. Lehman EL. Non-parametrics: statistical methods based on ranks. San Francisco: Holden-Day; 1975:81-95.
31. Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin – DIVI (ed.). Stellungnahmen, Empfehlungen zu Problemen der Intensiv- und

- Notfallmedizin. 4. Auflage. Köln: Asmuth Satz & Druck; 2000.
32. Edbrooke D, Hibbert C, Ridley S, Long T, Dickie H. The development of a method for comparative costing of individual intensive care units. *Anaesthesia* 1999;54:110–120.
 33. Pittet D, Tarara D, Wenzel RP. Nosocomial bloodstream infection in critically ill patients: excess length of stay, extra costs, and attributable mortality. *JAMA* 1994;271:1598-1601.
 34. Geissler A, Gerbeaux P, Granier I, Blanc P, Facon K, Durand-Gasselín J. Rational use of antibiotics in the intensive care unit: impact on microbial resistance and costs. *Intensive Care Med* 2003;29:49-54.
 35. Pitimana-aree S, Forrest D, Brown G, Anis A, Wang X, Dodek P. Implementation of a clinical practice guideline for stress ulcer prophylaxis increases appropriateness and decreases cost of care. *Intensive Care Med* 1998;24:217-223.
 36. Kern H, Kox WJ. Impact of standard procedures and clinical standards on cost-effectiveness and intensive care unit performance in adult patients after cardiac surgery. *Intensive Care Med* 1999;25:1367-1373.
 37. Marx WH, DeMaintenon NL, Mooney KF, Mascia ML, Medicis J, Franklin PD, et al. Cost reduction and outcome improvement in the intensive care unit. *J Trauma* 1999;46:625-629.
 38. Berenholtz S, Pronovost P, Lipsett P, Dawson P, Dorman T. Assessing the effectiveness of critical pathways on reducing resource utilization in the surgical intensive care unit. *Intensive Care Med* 2001;27:1029-1036.
 39. Battershill AJ, Keating GM. Remifentanyl: a review of its analgesic and sedative use in the intensive care unit. *Drugs* 2006;66:365-385.
 40. GlaxoSmithKline. Ultiva® 1/2/5 mg (Wirkstoff: Remifentanylhydrochlorid). Fachinformation (Zusammenfassung der Merkmale des Arzneimittels/SPC). München: GlaxoSmithKline GmbH & Co. KG; Februar 2006.
 41. Baillard C, Cohen Y, Le Toumelin P, Karoubi P, Hoang P, Kaci FA, et al. Remifentanyl-midazolam compared to sufentanyl-midazolam for ICU long-term sedation. *Ann Fr Anesth Reanim* 2005;24:480-486.
 42. Breen D, Karabinis A, Malbrain M, Morais R, Albrecht S, Jarnvig IL, et al. Decreased duration of mechanical ventilation when comparing analgesia-based sedation using remifentanyl with standard hypnotic-based sedation for up to 10 days in intensive care unit patients: a randomised trial [ISRCTN47583497]. *Critical Care* 2005;9:R200.
 43. AstraZeneca. Disoprivan® 1 % / -2 % (Wirkstoff: Propofol). Fachinformation (Zusammenfassung der Merkmale des Arzneimittels/SPC). Wedel: AstraZeneca GmbH; März 2005.
 44. Ostermann ME, Keenan SP, Seiferling RA, Sibbald WJ. Sedation in the intensive care unit: a systematic review. *JAMA* 2000;283:1451-1459.
 45. Bauer C, Kreuer S, Ketter R, Grundmann U, Wilhelm W. Remifentanyl-Propofol vs. Fentanyl-Midazolam-Kombination bei intrakraniellen Eingriffen. *Anaesthesist* 2007;56:128-132.
 46. Dahaba AA, Grabner T, Rehak PH, List WF, Metzler H. Remifentanyl vs. morphine analgesia and sedation for mechanically ventilated critically ill patients. *Anaesthesiology* 2004;101:640-646.
 47. Muellejans B, Matthey T, Scholpp J, Schill M. Sedation in the intensive care unit with remifentanyl/propofol vs. midazolam/fentanyl: a randomized, open-label, pharmacoeconomic trial. *Critical Care* 2006;10:R91.
 48. Rozendaal FW, Spronk PE, Snellen FF, Schoen A, van Zanten ARH, Foudraïne NA, et al. Remifentanyl-propofol analgo-sedation shortens duration of ventilation and length of ICU stay compared to a conventional regimen: a centre randomised, cross-over, open-label study in the Netherlands. *Intensive Care Med* 2009;35:291-298.
 49. Cook DJ, Walter SD, Cook RJ, Griffith LE, Guyatt GH, Leasa D, et al. Incidence of and risk factors for ventilator-associated pneumonia in critically ill patients. *Ann Intern Med* 1998;129:433-440.
 50. Warren DK, Shukla SJ, Olsen MA, Kollef MH, Hollenbeak CS, Cox MJ, et al. Outcome and attributable cost of ventilator-associated pneumonia among intensive care unit patients in a suburban medical center. *Crit Care Med* 2003;31:1312-1317.

Korrespondenz- adresse



**Dr. rer. biol. hum.
Josef Georg Brecht**

InForMed GmbH
Schwanthalerstraße 28
85049 Ingolstadt, Deutschland
Tel.: +49 821 9073070
E-Mail: jg.brecht@informed.de