

Abschlussbericht
für die
Deutsche Forschungsgemeinschaft

zum DFG-Forschungsvorhaben NY 4/79-1 und LE 876/4-1

Entwicklung von fabrikplanerischen Leitprinzipien zur Planung von flussorientierten Krankenhäusern mit wandlungsfähigen Raum-, Technik- und Organisationskonzepten

(MedFAP)

Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Nyhuis

Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA)
der Leibniz Universität Hannover



Prof. Dr.-Ing. Kunibert Lennerts

Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB)
Karlsruher Institut für Technologie

Hannover/Karlsruhe, 26.03.2025

Deutsche Forschungsgemeinschaft

Kennedyallee 40 · 53175 Bonn · Postanschrift: 53170 Bonn
Telefon: + 49 228 885-1 · Telefax: + 49 228 885-2777 · postmaster@dfg.de · www.dfg.de

DFG

Inhalt

1	Allgemeine Angaben	1
2	Zusammenfassung.....	1
3	Wissenschaftlicher Arbeits- und Ergebnisbericht.....	3
3.1	Ausgangsfragen und Zielsetzung des Projektes.....	3
3.2	Projektspezifische Ergebnisse und Erkenntnisse	4
3.3	Abweichungen vom ursprünglichen Konzept.....	8
3.4	Qualitätsfördernde Maßnahmen	8
3.5	Umgang mit Forschungsdaten	9
3.6	Nachnutzbare und offen zugängliche Methoden und Software.....	9
3.7	Wissenschaftliche Veranstaltungen und Wissenschaftskommunikation.....	9
3.8	Literaturverzeichnis	9
4	Veröffentlichte Projektergebnisse	10
4.1	Publikationen mit wissenschaftlicher Qualitätssicherung	10
4.2	Weitere Publikationen und öffentlich gemachte Ergebnisse	10
4.3	Patente (angemeldete und erteilte)	10
5	Weitere Informationen zu Projekt, Qualifikationen und Ausblick	11
5.1	Projektverlauf	11
5.2	Folgeuntersuchungen und Anwendungsperspektiven	13
5.3	Beteiligte Promovierende	14

1 Allgemeine Angaben

DFG-Geschäftszeichen: 1) NY 4/79-1
2) LE 876/4-1

Projektnummer: 456684366

Titel des Projekts: Entwicklung von fabrikplanerischen Leitprinzipien zur Planung von flussorientierten Krankenhäusern mit wandlungsfähigen Raum-, Technik- und Organisationskonzepten (MedFAP)

Name(n) des/r Antragstellenden: 1) Peter Nyhuis (IFA)
2) Kunibert Lennerts (TMB)

Dienstanschrift/en: 1) Institut für Fabrikanlagen und Logistik (IFA); An der Universität 2;
30823 Garbsen; nyhuis@ifa.uni-hannover.de
2) Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB);
Gotthard-Franz-Str. 3, 76131 Karlsruhe; kunibert.lennerts@kit.edu

Name(n) der Mitverantwortlichen: - entfällt -

Name(n) der Kooperationspartnerinnen und -partner: - entfällt -

Berichtszeitraum (gesamte Förderdauer): Dieser Bericht beschreibt die Forschungsarbeiten der Förderperiode vom 01.07.2021 bis zum 31.12.2024. Der Fördermittelabruf erfolgte beim IFA im Zeitraum vom 01.07.2021 bis zum 31.08.2024 und beim TMB vom 01.07.2021 bis zum 30.06.2024

2 Zusammenfassung

Aufgrund der angespannten Finanzierungslage von Krankenhäusern sowie der turbulenten Umwelt, in der Krankenhäuser agieren, wurden Flussorientierung des Layouts und Wandlungsfähigkeit als Anforderungen an Krankenhäuser formuliert. Die Flussorientierung soll ermöglichen, dass der Krankenhausbetrieb und seine Prozesse effizient ablaufen, sodass Kosten eingespart werden können. Die Wandlungsfähigkeit soll Krankenhäuser befähigen, sich auf ändernde Anforderungen aus der Umwelt angemessen einzustellen und somit langfristig betriebsfähig zu bleiben. Sowohl für die Flussorientierung als auch für die Wandlungsfähigkeit bestehen in der Fabrikplanung etablierte Konzepte, für Krankenhäuser bislang nicht. Unter der Arbeitshypothese, dass Fabrik- und Krankenhaussysteme vergleichbar sind, sollten im Rahmen des Forschungsprojektes Konzepte zur Flussorientierung und Wandlungsfähigkeit aus der Fabrikplanung auf Krankenhaussysteme übertragen werden. Zur flussorientierten Gestaltung des Krankenhauslayouts wurden allgemeine Strukturelemente identifiziert sowie deren

Gestaltungsmöglichkeiten als Unterstützung der Strukturplanung diskutiert. Außerdem wurde ein Algorithmus erarbeitet, der Krankenhausplaner aufbauend auf den Strukturelementen und unter Berücksichtigung krankenhausspezifischer Transportbeziehungen bei der Erstellung des Funktionsschemas unterstützt. Anschließend wurde das Vorgehen zur Dimensionierung beschrieben sowie Restriktionen identifiziert, die bei der Layoutplanung zu berücksichtigen sind. Zudem wurden Ansätze entwickelt, wie diese Restriktionen in einen Algorithmus überführt werden können, der Krankenhausplaner bei der Überführung des Funktionsschemas in ein realisierbares Layout unterstützt. Um Ansätze zur Wandlungsfähigkeit zu erarbeiten, wurden zunächst Krankenhausobjekte, wie bspw. „Mittel für medizinische Leistungen“ oder „Layout“, identifiziert. Mit ihnen ist es möglich, das Krankenhaussystem als Gesamtes zu beschreiben und gleichzeitig im Detail zu gestalten. Je Krankenhausobjekt wurden anschließend Wandlungspotenzialmerkmale identifiziert, bei denen es sich um präzise, objektive Eigenschaften mit Einfluss auf das Wandlungspotenzial eines Objektes handelt. Auf ihrer Grundlage ist es gelungen, ein Reifegradmodell zu entwickeln, mit dem die Bewertung der IST-Wandlungsfähigkeit eines Krankenhaussystems möglich ist. Um die SOLL-Wandlungsfähigkeit eines Krankenhaussystems zu bewerten, wurde eine Szenario-Analyse durchgeführt. Indem IST- und SOLL-Wandlungsfähigkeit gegenübergestellt werden, ist es den Krankenhausplanern mithilfe des Reifegradmodells möglich, zielkonforme Maßnahmen zu treffen. Die erarbeiteten Teilergebnisse wurden in enger Zusammenarbeit mit Krankenhausesperten erarbeitet und mit ihnen validiert. Anpassungen im Projektvorgehen waren zwar nötig, dennoch konnte das übergeordnete Ziel erreicht werden. Darüber hinaus ergaben sich mögliche weiterführende Forschungsaktivitäten, die auf dem Ergebnis dieser Arbeit aufbauen können.

Summary

Due to the tense financial situation of hospitals and the turbulent environment in which hospitals operate, flow orientation of the layout and transformability were formulated as requirements for hospitals. The flow orientation should enable hospital operations and their processes to run efficiently so that costs can be saved. The transformability should enable hospitals to adapt appropriately to changing environmental requirements and thus remain operational in the long term. For both flow orientation and transformability, there are established concepts in factory planning that have not previously existed for hospitals. Under the working hypothesis that factory and hospital systems are comparable, the research project aimed to transfer concepts for flow orientation and transformability from factory planning to hospital systems. To design a flow-oriented hospital layout, general structural elements were identified and their design options were discussed as a means of supporting structural planning. Furthermore, an algorithm was developed to support hospital planners in creating the functional scheme, based on the structural elements and taking into account hospital-specific transport relationships. Subsequently, the procedure for dimensioning was described and restrictions were identified

that have to be taken into account in the layout planning. Approaches were developed to incorporate these restrictions into an algorithm that would support hospital planners in converting the functional scheme into a realisable layout. In order to develop approaches for transformability, hospital objects such as 'equipment for medical services' or 'layout', were first identified. These objects make it possible to describe the hospital system as a whole and at the same time to design it in detail. For each hospital object, transformability potential features were then identified, which are precise, objective characteristics that influence the transformation potential of an object. On this basis, it was possible to develop a maturity model that can be used to evaluate the actual transformability of a hospital system. A scenario analysis was carried out to evaluate the target transformability of a hospital system. By comparing the actual and target transformability, the maturity model enables hospital planners to take measures that are in line with the objectives. The partial results were developed in close cooperation with hospital experts and validated with them. Although adjustments to the project approach were necessary, the overall goal was achieved. In addition, possible further research activities emerged that could build on the results of this work.

3 Wissenschaftlicher Arbeits- und Ergebnisbericht

3.1 Ausgangsfragen und Zielsetzung des Projektes

Gemäß der dualen Krankenhausfinanzierung werden die Krankenhausbetriebskosten nach DRG (Diagnoses Related Groups)-Fallpauschalen durch die Krankenkassen gedeckt und die Investitionen durch die Länder bereitgestellt. Die Haushalte der Länder sind allerdings angespannt, weshalb die öffentlichen Mittel seit Jahren rückläufig sind. Die Krankenhäuser stehen daher vor der Herausforderung, zukünftige Investitionsbedarfe durch einen wirtschaftlichen, operativen Betrieb zumindest in Teilen selbst decken zu können. Dies setzt eine Effizienz in der Leistungserbringung voraus, an der es derzeit vielen Krankenhäusern aufgrund historisch gewachsener Prozesse, starker Funktionsorientierung und daraus resultierenden langen Weg- und Wartezeiten mangelt. Unter der Annahme, Betriebskosten senken zu können, indem ein flussorientiertes Krankenhauslayout die Betriebseffizienz steigert, wurde Flussorientierung als eine Zielanforderung an das Forschungsvorhaben MedFAP definiert. Durch eine Verschiebung der Krankheitsbilder, bspw. durch den Anstieg von Zivilisationskrankheiten, den demografischen Wandel oder weitere Veränderungstreiber, befinden sich Krankenhäuser außerdem in einem turbulenten Umfeld. Um dem permanenten Wandel begegnen zu können und weiterhin betriebsfähig zu sein, müssen Krankenhäuser wandlungsfähig gestaltet sein. Daraus ergibt sich die Wandlungsfähigkeit als zweite Zielanforderung an das Forschungsvorhaben, sodass folgendes als übergeordnetes Forschungsziel formuliert wurde: "Entwicklung von Leitprinzipien als Planungsunterstützung für die flussorientierte Strukturierung und Anordnung sowie für die Ausgestaltung von wandlungsfähigen Funktionsbereichen und Räumlichkeiten in

Krankenhäusern". Sowohl die Flussorientierung als auch die Wandlungsfähigkeit sind bekannte Zielgrößen bei der Planung von Fabriken, für die bereits etablierte Konzepte existieren. Der Arbeitshypothese von MedFAP folgend sind Krankenhaus- und Fabrikssysteme vergleichbar, sodass Ansätze zur Flussorientierung und zur Wandlungsfähigkeit aus der Fabrikplanung auf Krankenhaussysteme übertragbar sind (Wecken et al. 2022). Daraus ergaben sich die folgenden Forschungsfragen (FF):

FF 1: Wie sind allgemeingültige Krankenhausklassen zu bilden und wie lässt sich das System Krankenhaus in einzelne Gestaltungsobjekte unterteilen und in einer hierarchischen Struktur organisieren?

FF 2: Wie können die verschiedenen Flüsse resultierend aus den Prozessabläufen zu einem ganzheitlichen Mengengerüst je Krankenhausklasse zusammengeführt und in einem allgemeingültigen Flussdiagramm dargestellt werden?

FF 3: Wie lässt sich das Flussdiagramm in ideale Anordnungen von Fach- und Funktionsbereichen je Krankenhausklasse unter Berücksichtigung der hierarchischen Struktur übertragen und können daraus allgemeingültige Leitprinzipien abgeleitet werden?

FF 4: Welche Wandlungsbefähiger besitzen im Rahmen der Krankenhausbauplanung Gültigkeit und welche Objektmerkmale leiten sich von den identifizierten Wandlungsbefähigern ab, um das Wandlungspotenzial im Krankenhaus anhand der Gestaltungsobjekte bestimmen zu können?

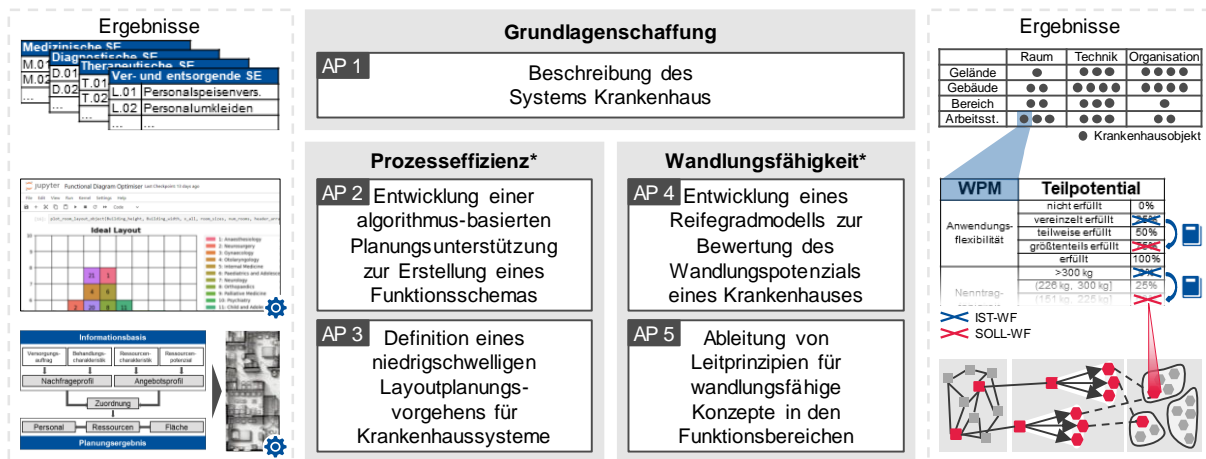
FF 5: Wie lässt sich der Wandlungsbedarf der einzelnen Funktionsbereiche bestimmen (Soll-Wert) und wie müssen die Raum-, Technik-, und Organisationskonzepte entsprechend darauf abgestimmt werden (Plan-Wert), sodass allgemeingültige Leitprinzipien entwickelt werden können?

FF 6: Welches Potenzial ergibt sich durch die neu entwickelten Leitprinzipien im Rahmen der Krankenhausbauplanung?

Mit Beantwortung dieser Forschungsfragen zielt MedFAP darauf ab, Krankenhausplanern eine praxisorientierte Planungsunterstützung zu bieten, mit denen die flussorientierte und wandlungsfähige Gestaltung eines Krankenhaussystems gelingt.

3.2 Projektspezifische Ergebnisse und Erkenntnisse

Die Ergebnisse des Forschungsprojektes MedFAP lassen sich in drei Kategorien einteilen: Die Grundlagenschaffung für die folgenden Forschungsarbeiten durch die allgemeine Beschreibung des Systems Krankenhaus sowie in die Kategorien Prozesseffizienz und Wandlungsfähigkeit. Wie in Abbildung 1 dargestellt, wurden die Grundlagen im Rahmen des Arbeitspakets (AP) 1 erarbeitet, die Ergebnisse zur Prozesseffizienz im Rahmen der AP 2 und 3 sowie die Ergebnisse zur Wandlungsfähigkeit im Rahmen der AP 4 und 5.



Legende

AP: Arbeitspaket

WPM: Wandlungspotenzialmerkmale

WF: Wandlungsfähigkeit

Algorithmusbasiertes Ergebnis

Maßnahmenkatalog

* Übersicht der AP bereits an die projektbedingten Herausforderungen (weiter ausgeführt in Abschnitt 3.3) angepasst.

Abbildung 1: Ergebnisübersicht MedFAP

Grundlagenschaffung (AP 1)

Im Rahmen der Grundlagenschaffung wurden, wie in Abbildung 1 links oben dargestellt, allgemeine Strukturelemente für ein Krankenhaussystem definiert, mit denen die Gestaltung eines Krankenhauslayouts ermöglicht wird. Strukturelemente müssen es dafür ermöglichen, das Beziehungsgeflecht umfassend abzubilden und keine für den Betriebsablauf relevanten Einheiten auszulassen. Um mit den Strukturelementen unterschiedliche Krankenhaussysteme abbilden zu können, müssen sie allgemeingültig und damit generisch sein. Wie WECKEN ET AL. weiter ausführen, wurden die in der DIN 13080 definierten Funktionsbereiche und Abteilungen in enger Abstimmung mit einer erfahrenen Krankenhausexpertin in 48 Strukturelemente der vier Kategorien medizinisch (M), diagnostisch (D), therapeutisch (T) sowie Ver- und Entsorgung (V) überführt und anschließend in einem Workshop mit weiteren Krankenhausvertretern validiert. 17 der 48 identifizierten Strukturelemente sind sowohl zentral, dezentral oder hybrid, also in einer Mischform aus zentraler und dezentraler Gestaltung, realisierbar. Die Gestaltungsmöglichkeiten der 17 Strukturelemente wurden diskutiert und Argumente als Entscheidungsunterstützung gegenübergestellt. Dabei wurden explizit Gestaltungsmöglichkeiten diskutiert, die der Prozesseffizienz förderlich sind. Dadurch wird Krankenhausplanern eine erste Planungsunterstützung geboten, um die Prozesseffizienz im Krankenhaus gezielt zu fördern (Wecken et al. 2024c).

Als Grundlage zur Bewertung der IST- und SOLL-Wandlungsfähigkeit von Krankenhaussystemen wurden im Rahmen der Grundlagenschaffung außerdem 28 Krankenhausobjekte erster und 138 Krankenhausobjekte zweiter Ordnung identifiziert. Wie schematisch in Abbildung 1 rechts oben skizziert und WECKEN ET AL. weiter ausführen, wurde das Krankenhaussystem gemäß der Systemtheorie und analog zur Fabrikplanung (Heger 2006) in die Systemebenen

Gelände, Gebäude, Bereich und Arbeitsstation sowie die Gestaltungsfelder Raum, Technik und Organisation unterteilt (Wecken et al. 2024a).

Prozesseffizienz (AP 2 + AP 3)

WECKEN ET AL. schlagen ein Layoutplanungsverfahren analog zur Fabrikplanung vor. Mithilfe der identifizierten Strukturelemente und der diskutierten Gestaltungsmöglichkeiten, können Krankenhausplaner damit die Struktur planen. Aufbauend auf der Struktur erfolgt die Erstellung des Funktionsschemas, sodass Flussbeziehungen ausreichend Berücksichtigung im zu erarbeitenden Layout finden und zur Prozesseffizienz beitragen (Wecken et al. 2024c). Um Krankenhausplaner bei der Erstellung des Funktionsschemas zu unterstützen, schlagen GAO ET AL. eine auf einem genetischen Algorithmus basierende Methode zur Erstellung von Funktionsschemata vor, die die Strukturelemente aufgreift und krankenhausespezifische Transportbeziehungen zwischen den Strukturelementen berücksichtigt. Die Erstellung des Funktionsschemas wird als quadratisches Allokationsproblem (QAP) modelliert. Dabei wird die Intensität des Objektflusses innerhalb und zwischen den Funktionsbereichen durch die Konstruktion von Funktionsmustern bestimmt und in ein flussorientiertes ideales Funktionsschema überführt. Im genetischen Algorithmus werden Elite-Selektion, Roulette-Selektion, einheitliche Crossover- und Mutationsoperationen verwendet und Parameter wie Elitiverhältnis, Crossover-Wahrscheinlichkeit und Mutationswahrscheinlichkeit bestimmt, um eine Funktionsschemaoptimierung zu erreichen. Im Rahmen einer Fallstudie mit einer Krankenhausesperten wurden von ihr händisch erzeugte Ergebnisse mit denen des Algorithmus gegenübergestellt. Es konnte validiert werden, dass der Algorithmus nicht nur bessere Ergebnisse erzielt, sondern aufwandsärmer in der Anwendung ist (Gao et al. 2025b).

Durch die Auswertung der Literatur wurden 42 Richtlinien identifiziert, die im Rahmen einer Layoutplanung relevant sind. Um diese Richtlinien als Einschränkungen bei der Gestaltung eines Krankenhauslayouts zu berücksichtigen, wurden Implementierungsansätze der Richtlinien in einen elitismus-basierten genetischen Algorithmus erarbeitet. Die Richtlinien sollten dazu entsprechend ihrer Prioritäten in drei Kategorien eingeteilt und als Einschränkungen oder Strafen in die adaptive Score-Berechnung aufgenommen werden (Gao et al. 2025a).

Wandlungsfähigkeit (AP 4 + AP 5)

Die Forschungsergebnisse zur Wandlungsfähigkeit bauen auf den identifizierten Krankenhausobjekten auf. Unter der Annahme, dass die Krankenhausobjekte im Gestaltungsfeld Organisation maßgebend von der Krankenhausleitung vorgegeben werden und durch die Krankenhausplanung wenig beeinflussbar sind, wurden diese Krankenhausobjekte bei weiteren Untersuchungen allerdings ausgeschlossen. Zur konkreten Planung wandlungsfähigkeitssteigernder Maßnahmen muss es möglich sein, das aktuelle und das notwendige Wandlungspotenzial eines Krankenhaussystems zu bewerten. Dies ist in der Fabrikplanung mit sogenannten Wandlungspotenzialmerkmalen (WPM) möglich (Heger 2006). Deshalb wurde, analog zur

Fabrikplanung, ein Katalog von 230 WPM für die Krankenhausobjekte der Gestaltungsfelder Technik und Raum anhand einer Literaturrecherche und mithilfe von Experteninterviews identifiziert (Wecken et al. 2024b).

Aufbauend auf den WPM und wie in Abbildung 1 rechts mittig dargestellt, wurde ein Reifegradmodell entwickelt, mit dem die IST- und SOLL-Wandlungsfähigkeit von Krankenhaussystemen bewertet werden kann. Das Modell verwendet WPM, die spezifische Merkmale von Krankenhausobjekten erfassen und mittels einer Skala von 1 bis 5 bewertet werden, um eine differenzierte Einschätzung zu ermöglichen. Die Ergebnisse werden in einem Spinnendiagramm visualisiert, das Stärken und Schwächen des Systems deutlich macht. Damit kann quantifiziert werden, wie stark die Diskrepanz zwischen der IST- sowie der SOLL-Wandlungsfähigkeit eines spezifischen Krankenhaussystems ist und das Reifegradmodell somit als Unterstützung dienen, geeignete Maßnahmen zur Steigerung der Wandlungsfähigkeit zu identifizieren. Die Bewertung der IST-Wandlungsfähigkeit ist aufgrund präziser Beschreibungen der einzelnen Reifegrade je Wandlungspotenzial und Krankenhausobjekt für Planer einfach anwendbar. Mithilfe der Validierung des Reifegradmodells an einem Musterkrankenhaus konnte seine Anwendbarkeit bestätigt werden (Masoudian et al. 2025).

Die SOLL-Wandlungsfähigkeit wird durch die Veränderungstreiber (VT) im Krankenhausumfeld und ihre Entwicklung bestimmt. Bei der Bewertung der SOLL-Wandlungsfähigkeit wurde deshalb eine Szenarioanalyse des Umfeldes von in Deutschland agierenden Krankenhäusern durchgeführt. Die in der Szenarioanalyse betrachteten VT wurden auf „Kostendruck“ sowie „Fachkräftemangel“ beschränkt, welche mithilfe eines Systemgrids und einer Umfrage als relevanteste VT im Krankenhausumfeld identifiziert wurden. Für die VT wurden jeweils vier Zukunftsprojektionen entwickelt, aus denen anschließend mit den jeweils erfahrungsgemäß wahrscheinlichsten Projektionen (Kostendruck: „Krankenhaussolvenzen nehmen zu und führen zu Schließungen“; Fachkräftemangel: „Krankenhauspersonal kann nicht immer eine gute Arbeitsqualität sicherstellen, ist überarbeitet und kündigt“) ein zu betrachtendes Szenario entwickelt wurde. Dieses Szenario wurde abschließend auf die Krankenhausobjekte transferiert. Mithilfe der ausgewählten Projektionen war eine Vorfilterung der für das Szenario relevanten Krankenhausobjekte möglich. Mithilfe der in der Umfrage ermittelten Einflussstärke jedes VT auf die Krankenhausobjekte konnte der Einfluss des Szenarios ermittelt werden. Dazu wurden die Einflussstärken beider VT zusammengeführt, indem jeweils der stärkste Einfluss eines VT als durch das Szenario geltender Einfluss bestimmt wurde. Unter der Annahme eines linearen Zusammenhangs zwischen Einflussstärke eines Szenarios auf ein Krankenhausobjekt und SOLL-Wandlungsfähigkeit konnte letzterer quantifiziert werden. Die detaillierte Beschreibung des methodischen Vorgehens sowie die vorhandenen Umfrageergebnisse zu Einflussstärken anderer VT befähigen Krankenhausplaner, weitere Szenarien zu analysieren (Wecken et al. 2025). Durch die Gegenüberstellung der IST- und SOLL-Wandlungsfähigkeit in einem

Spinnendiagramm können die Krankenhausobjekte mit dem größten Wandlungsfähigkeitspotenzial identifiziert werden und zielkonforme Maßnahmen mithilfe der Reifegrade getroffen werden (Masoudian et al. 2025).

3.3 Abweichungen vom ursprünglichen Konzept

Aus der ursprünglichen Projektplanung geht die Forderung nach Leitprinzipien zur Gestaltung eines flussorientierten Krankenhauslayouts hervor, dessen Idealaufbau dem Behandlungsablauf entspricht. Im Laufe der Projektbearbeitung und in Gesprächen mit Krankenhausexperten hat sich erwiesen, dass das weder mit der vorhandenen Datengrundlage möglich noch für Krankenhausssysteme überhaupt sinnvoll ist. Denn unabhängig von den hohen Investitionen, die Krankenhäuser tätigen müssten, um redundante Behandlungsgeräte anzuschaffen, würde das bspw. den Umzug der Patienten in ein neues Zimmer nach jeder Behandlungsstufe voraussetzen. Das wäre organisatorisch aufwändig und vor allem kontraproduktiv für den Heilungsprozess. Statt der Flussorientierung wurde daher ein Lösungsansatz zur Steigerung der Prozesseffizienz erarbeitet, der die Planung eines Layouts unterstützt, aus dem möglichst geringe Transportaufwände für den Betrieb resultieren, sodass die Prozesse effizienter ablaufen können. Die Leitprinzipien sollten außerdem in Abhängigkeit der verschiedenen Krankenhausklassen formuliert werden. Allerdings waren Daten nur aus der Krankenhausklasse der Maximalversorger verfügbar, sodass allgemeingültige Aussagen für die einzelnen Krankenhausklassen nicht getroffen werden konnten. Auch Aussagen für die Krankenhausklasse der Maximalversorger waren nicht allgemeingültig möglich, da die Datensätze nicht in ausreichender Qualität vorlagen. Stattdessen wurden deshalb die generischen Strukturelemente identifiziert und der Algorithmus erarbeitet, mit dem die Erstellung eines anwendungsfallspezifischen Funktionsschemas möglich ist. Dadurch kann mit den Ergebnissen des Forschungsprojekts den Krankenhausplanern trotzdem eine niedrighwellige Planungsunterstützung zur Verfügung gestellt werden.

Statt allgemeingültiger Leitprinzipien zur wandlungsfähigen Gestaltung eines Krankenhauses wurde eine reifegradbasierte Entscheidungsunterstützung zur Identifikation geeigneter, wandlungsfähigkeitssteigernder Maßnahmen in Abhängigkeit der individuellen IST-Wandlungsfähigkeit eines Systems erarbeitet. Dies erwies sich als sinnvoller, da die Krankenhäuser zwar im gleichen Umfeld agieren und den gleichen Veränderungstreibern ausgesetzt sind, sich daraus für die jeweiligen Krankenhäuser aber individuelle Szenarien ergeben können, auf die unterschiedlich reagiert werden muss.

3.4 Qualitätsfördernde Maßnahmen

Die Erarbeitung der Teilergebnisse fand in enger Zusammenarbeit mit Experten aus der Krankenhauspraxis statt, bspw. durch Interviews, Arbeitstreffen oder Workshops. Die finalen Projektergebnisse werden im März 2025 auf einer internationalen Konferenz präsentiert und wissenschaftlich diskutiert. Sie entsprechen den oben beschriebenen Darstellungen aus 3.2.

3.5 Umgang mit Forschungsdaten

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden von zwei Krankenhäusern Flussdaten von Patienten oder diversem Material zur Verfügung gestellt. Zusätzliche weitere Unternehmens-/Krankenhausdaten, Systemdaten (ERP, MES etc.) oder Simulationsdaten wurden nicht zur Verfügung gestellt oder erzeugt. Informationen bzgl. Literatur, erstellten Auswertungen und Berichten werden an beiden projektbeteiligten Instituten gespeichert. Die Hauptspeicherung der Daten am IFA erfolgt auf institutseigenen Servern. Eine tägliche Datensicherung (Backup) wird durchgeführt. In Anlehnung an die Checkliste zum Umgang mit Forschungsdaten der DFG entstand am IFA ein Datenmanagementplan zum Projekt MedFAP. Dieser enthält wesentlich Informationen in Bezug auf das Projekt (Titel, Projektleitung, Kontaktpersonen der Projektpartner etc.), eine Projektbeschreibung, Informationen zu erhobenen Daten, entstandenen Abschlussarbeiten, wissenschaftlichen Veröffentlichungen und deren Speicherung, Sharing und Archivierung. Ein ähnlich strukturierter Ansatz wurde am TMB implementiert, um die im Rahmen des Projekts generierten und verarbeiteten Daten effizient zu verwalten. Alle studentischen Arbeiten, die verschiedenen Versionen der in den Krankenhäusern erhobenen Datensätze sowie die wissenschaftlichen Arbeiten werden zentral auf den institutseigenen Servern gespeichert und in die tägliche Datensicherung einbezogen. So wird sichergestellt, dass keine Daten verloren gehen und alle Projektbeteiligten immer auf die aktuellsten und relevanten Daten zugreifen können. Die (Zwischen-)Ergebnisse und Daten können bei Interesse am IFA und am TMB angefragt werden.

3.6 Nachnutzbare und offen zugängliche Methoden und Software

Die entwickelten Methoden wurden im Rahmen von wissenschaftlichen Veröffentlichungen (siehe Abschnitt 4) der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Der im Rahmen der Funktionsschemaplanung entwickelte Algorithmus kann unter https://github.com/Yuhao-27/DFG_MedFAP abgerufen und angewendet werden.

3.7 Wissenschaftliche Veranstaltungen und Wissenschaftskommunikation

Die Projektergebnisse wurden auf wissenschaftlichen Konferenzen vorgestellt.

3.8 Literaturverzeichnis

Wecken, Lena; Faeghi, Shiva; Hingst, Lennart; Nyhuis, Peter; Lennerts, Kunibert (2022): General Approach and Prerequisites for Transferring Factory Planning Methods on Flow Orientation and Transformability to Hospital Systems. Unter Mitarbeit von Technische Informationsbibliothek (TIB), David Herberger und Marco Hübner. In: David Herberger und Marco Hübner (Hg.): Proceedings of the Conference on Production Systems and Logistics: CPSL 2022. Hannover: publish-Ing., S. 435–444. DOI: <https://doi.org/10.15488/12126>

Wecken, Lena; Masoudian, Fatemeh; Lennerts, Kunibert; Nyhuis, Peter (2024c): General Guidelines For The Structural Planning Of A Hospital Following The Example Of Factory Planning Including Decision Support For The Design Of Individual Structural Elements. A German Solution Approach. In: Journal of Production Systems and Logistics (6). DOI: <https://doi.org/10.15488/17973>

Heger, Christoph Lutz (2006): Bewertung der Wandlungsfähigkeit von Fabrikobjekten. Dissertation. Leibniz Universität Hannover, Garbsen.

Wecken, Lena; Faeghi, Shiva; Dormeier, Lena; Nyhuis, Peter (2024a): Identification of hospital objects to design the transformability of hospital systems. A factory planning approach for hospitals. In: Journal of Production Systems and Logistics (3). DOI: <https://doi.org/10.15488/17401>

Gao, Yuhao; Wecken, Lena; Nyhuis, Peter; Lennerts, Kunibert (2025): General Design Principles of Flow-oriented Hospital Layout Planning based on Genetic Algorithm. In: International Journal of Structural and Civil Engineering Research: ICSCER 2025. Paris. Status: Paper akzeptiert, Veröffentlichung voraussichtlich Juni 2025.

Gao, Yuhao; Wecken, Lena; Nyhuis, Peter; Lennerts, Kunibert (2025b): Using Of A Metaheuristic Algorithm As An Approach To The Low-threshold Creation Of A Functional Scheme For Hospitals. In: Journal of Production Systems and Logistics. Status: Überarbeitetes Paper eingereicht.

Wecken, Lena; Faeghi, Shiva; Masoudian, Fatemeh; Lennerts, Kunibert; Nyhuis, Peter (2024b): Catalogue Of Transformability Potential Features For The Design Fields Technology And Space In Hospital Systems. In: Journal of Production Systems and Logistics (4). DOI: <https://doi.org/10.15488/18199>

Masoudian, Fatemeh; Wecken, Lena; Nyhuis, Peter; Lennerts, Kunibert (2025): A Maturity Model for Transformability in Hospital Systems. In: Journal of Production Systems and Logistics (5). DOI: <https://doi.org/10.15488/18562>

Wecken, Lena; Rögner, Alina; Masoudian, Fatemeh; Lennerts, Kunibert; Nyhuis, Peter (2025): Scenario Analysis Of The Hospital Environment To Identify The Target Transformability Potential Of A German Hospital System. In: Journal of Production Systems and Logistics. Status: Paper akzeptiert, Veröffentlichung voraussichtlich April 2025.

4 Veröffentlichte Projektergebnisse

4.1 Publikationen mit wissenschaftlicher Qualitätssicherung

Publikationen in Fachzeitschriften

Wecken, Lena; Faeghi, Shiva; Dormeier, Lena; Nyhuis, Peter: Identification of hospital objects to design the transformability of hospital systems - a factory planning approach for hospitals. In: Journal of Production Systems and Logistics 4 (2024), 3. DOI: <https://doi.org/10.15488/17401>

Wecken, Lena; Masoudian, Fatemeh; Lennerts, Kunibert; Nyhuis, Peter: General Guidelines For The Structural Planning Of A Hospital Following The Example Of Factory Planning Including Decision Support For The Design Of Individual Structural Elements – A German Solution Approach. In: Journal of Production Systems and Logistics 4 (2024), 6. DOI: <https://doi.org/10.15488/17973>

Wecken, Lena; Faeghi, Shiva; Masoudian, Fatemeh; Lennerts, Kunibert; Nyhuis, Peter (2024): Catalogue Of Transformability Potential Features For The Design Fields Technology And Space In Hospital Systems. In: Journal of Production Systems and Logistics (4). DOI: <https://doi.org/10.15488/18199>

Masoudian, Fatemeh; Wecken, Lena; Nyhuis, Peter; Lennerts, Kunibert (2025): A Maturity Model for Transformability in Hospital Systems. In: Journal of Production Systems and Logistics (5). DOI: <https://doi.org/10.15488/18562>

Wecken, Lena; Rögner, Alina; Masoudian, Fatemeh; Lennerts, Kunibert; Nyhuis, Peter (2025): Scenario Analysis Of The Hospital Environment To Identify The Target Transformability Potential Of A German Hospital System. In: Journal of Production Systems and Logistics. Status: Paper akzeptiert, Veröffentlichung voraussichtlich April 2025.

Gao, Yuhao; Wecken, Lena; Nyhuis, Peter; Lennerts, Kunibert (2025): Using Of A Metaheuristic Algorithm As An Approach To The Low-threshold Creation Of A Functional Scheme For Hospitals. In: Journal of Production Systems and Logistics. Status: Überarbeitetes Paper eingereicht.

Konferenzbeiträge

Wecken, Lena; Faeghi, Shiva; Hingst, Lennart; Nyhuis, Peter; Lennerts, Kunibert (2022): General Approach and Prerequisites for Transferring Factory Planning Methods on Flow Orientation and Transformability to Hospital Systems. In: Herberger, David; Hübner, Marco (Eds.): Proceedings of the Conference on Production Systems and Logistics: CPSL 2022. Hannover: publish-Ing., 2022, S. 435-444. DOI: <https://doi.org/10.15488/12126>

Gao, Yuhao; Wecken, Lena; Nyhuis, Peter; Lennerts, Kunibert (2025): General Design Principles of Flow-oriented Hospital Layout Planning based on Genetic Algorithm. In: International Journal of Structural and Civil Engineering Research: ICSCER 2025. Paris. Status: Paper akzeptiert, Veröffentlichung voraussichtlich Juni 2025.

4.2 Weitere Publikationen und öffentlich gemachte Ergebnisse

- entfällt -

4.3 Patente (angemeldete und erteilte)

- entfällt -