

Christian Grebe  
wiss. Mitarbeiter

Timo Lask  
wiss. Mitarbeiter

Eva Trompeter  
wiss. Mitarbeiterin

Prof. Dr. Annette Nauerth  
Projektleitung

Prof. Dr. Hermann-Josef Kruse  
Projektleitung

Prof. Dr. Bernhard Bachmann  
Projektleitung

## Das Mixed-Methods-Design im Projekt FiliP

Innovative Methodenkombination durch interdisziplinäre  
Zusammenarbeit zwischen Mathematik und  
Pflegerwissenschaft

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



Gegenstand, Ziel und Relevanz des Projekts

# AUSGANGSLAGE

- **gefördert** durch das BMBF, Förderlinie SILQUA-FH
- **Laufzeit:** 10/2015 – 09/2018
- Kooperation des **Instituts für Bildungs- und Versorgungsforschung im Gesundheitsbereich (InBVG)** und des **Forschungsschwerpunkts Angewandte Mathematische Modellierung und Optimierung (AMMO)**
- **Praxispartner:** 3 Krankenhäuser in Ostwestfalen-Lippe

- Demografische Entwicklung
  - Zunahme älterer und multimorbider Patient/-innen
  - zugleich Abnahme jüngerer Menschen, die dem Arbeitsmarkt zur Verfügung stehen (Fachkräftemangel, alternde Belegschaften)
- Pflegekräfte sind hohen Belastungen ausgesetzt (körperlich, psychisch, emotional)
  - Arbeitsfähigkeit bis ins hohe Alter ist bedroht
- Notwendigkeit von Maßnahmen der (betrieblichen) Gesundheitsförderung
  - u.a. mitarbeiterorientierte Personalplanung und Arbeitszeitgestaltung (Stärkung von Widerstandsressourcen, Belastungssteuerung)

- Entwicklung eines Prototyps eines neuartigen Software-Tools zur Unterstützung der Kliniken bei einer effektiven und ressourcenschonenden Personalplanung
- Ausrichtung der Personalplanung
  - a) am Pflegeaufwand des versorgten Case Mix
    - Entwicklung eines Patientenklassifikationssystems, welches aus Fallcharakteristika der Patient/-innen die zeitlichen Pflegeaufwände hinreichend valide prognostizieren kann
  - b) an den Bedürfnissen und Bedarfslagen der Mitarbeiter/-innen hinsichtlich der Arbeitszeitgestaltung
    - Entwicklung einer Typologie der Mitarbeiter/-innen, die die unterschiedlichen Bedarfslagen widerspiegelt

Methodisches Vorgehen

# PFLEGEAUFWAND UND BEDÜRFNISSE DER PFLEGEKRÄFTE

- Entwickelt wird ein Software-Tool auf der Basis agentenbasierter Simulationen: **Petri-Netz** (vgl. Proß 2013)
- in diese Simulation fließen ein:
  - Strukturelle und organisatorische **Charakteristika der Station** und der Einrichtung
  - **Pflegeaufwände** der Patientinnen und Patienten
  - **Bedürfnisse** der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter hinsichtlich der Arbeitszeitgestaltung

# Modellierung des Pflegeaufwands (1)

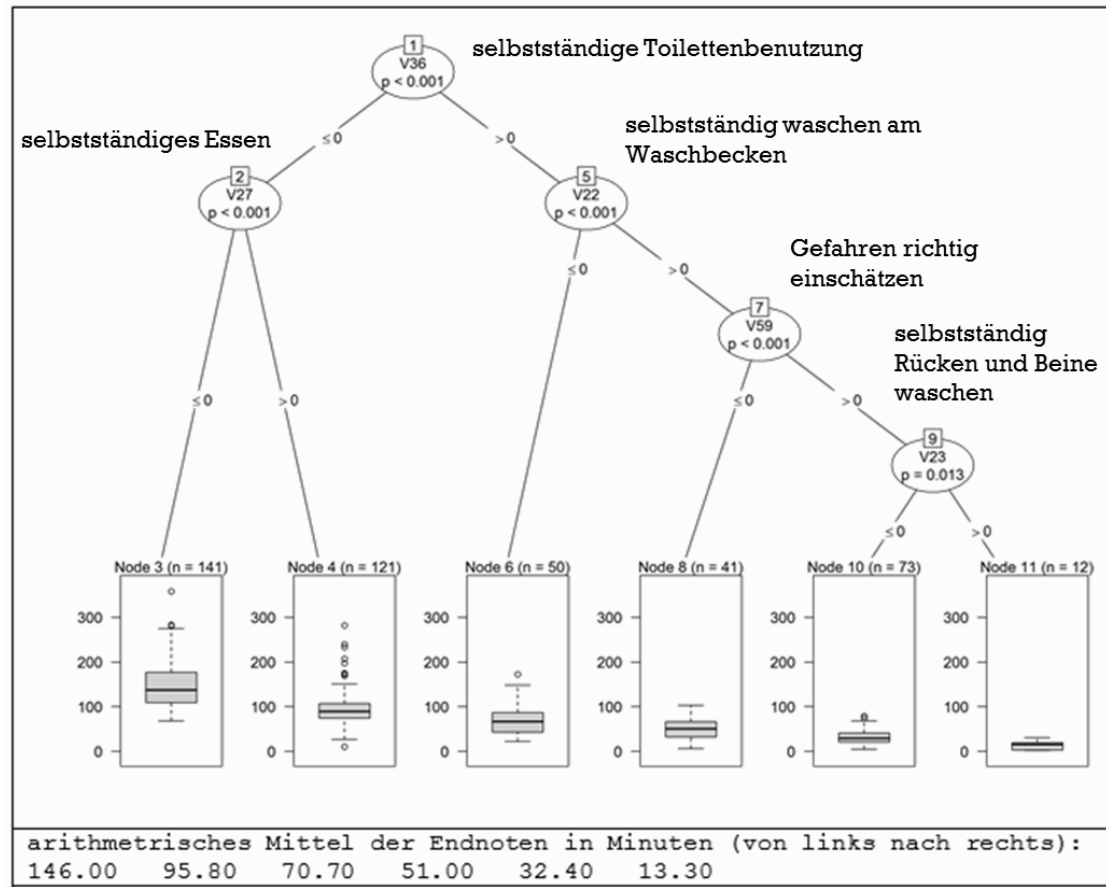
- Pflegeaufwand = Gesamtheit der Pflegeleistungen
- im Simulationsmodell als Größe des Arbeitsanfalls
- variiert in Abhängigkeit vom Case-Mix der versorgten Patient/-innen
  - Sollbesetzungen sind daher keine Alternative
  - valides (Fallgruppen-) System existiert derzeit nicht
- Ansatz: Modellierung des täglichen Zeitaufwands mittels Methoden des Statistischen Lernens (vgl. Hastie et al. 2009).
  - international: etabliert (v.a. Langzeitpflege und Reha)
  - in Deutschland: erstmals durch Grebe (vgl. Grebe 2013), darauf aufbauend in der PiSaar- Studie (vgl. Brühl & Planer 2013)
  - aktuell: in den Studien PiBaWü (seit 2015) und von Fiebig (2016)



# Modellierung des Pflegeaufwands (2)

- statistisches Problem:
  - Erklärung des Zeitaufwands aus Patientencharakteristika
  - nicht-lineare Zusammenhänge, Interaktionseffekte
  - benötigt werden daher explorative, nicht-parametrische Regressionsverfahren
- Verfahren:
  - Entscheidungsbaum- Algorithmen
    - Classification and Regression Trees (vgl. Breiman et al. 1984)
    - Conditional Inference Trees (vgl. Hothorn et al. 2013)
    - Evolutionary Learning Trees (vgl. Grubinger et al. 2014)
  - MARS (vgl. Friedman 1991)
  - Ensemblemethoden (Random Forests, Boosting) zur Variablenselektion

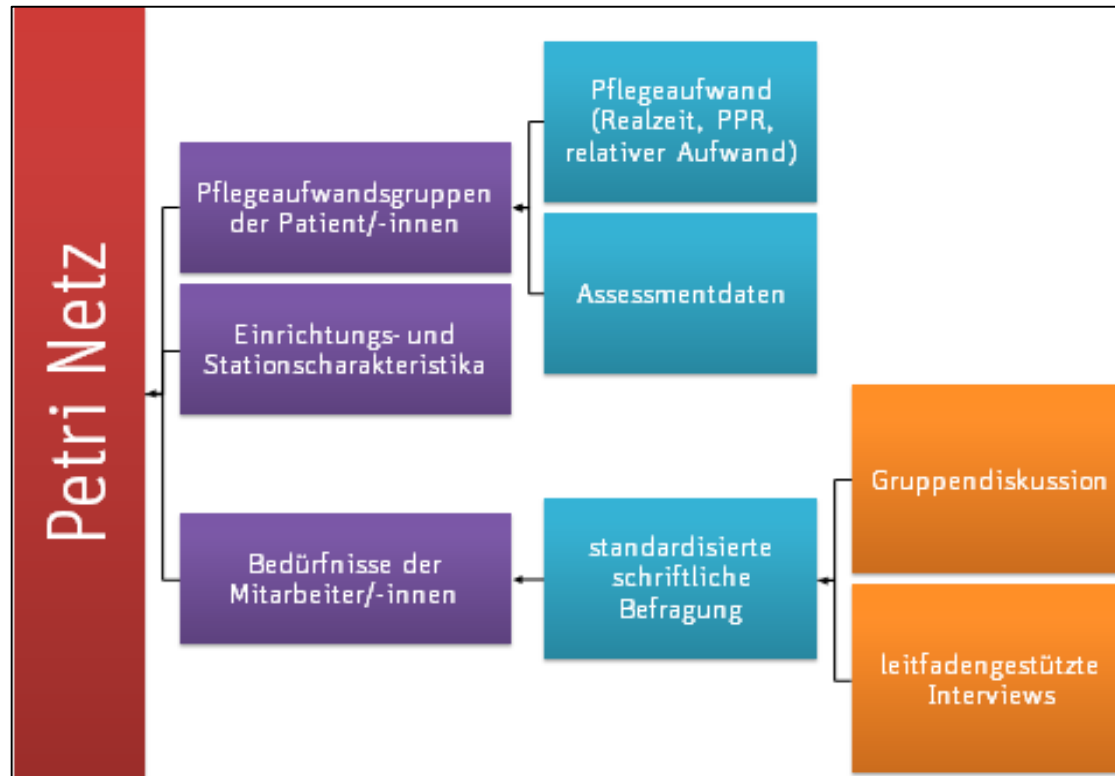
# Beispiel: Regressionsbaum



# Modellierung der Mitarbeiter-Bedürfnisse

- arbeitszeitbezogene Bedürfnisse der Mitarbeiter/-innen können systematisch nur berücksichtigt werden, wenn sie standardisiert werden können
- Entwicklung einer Typologie von Bedürfnistypen mittels:
  - leitfadengestützte Interviews
  - Gruppendiskussion
- auf Basis dieser Typologie wird ein standardisiertes Instrument entwickelt
  - ermöglicht später:
    - eine (freiwillige) Typisierung neuer Mitarbeiter/-innen
    - eine ressourcenschonende Adaption in weiteren Kliniken

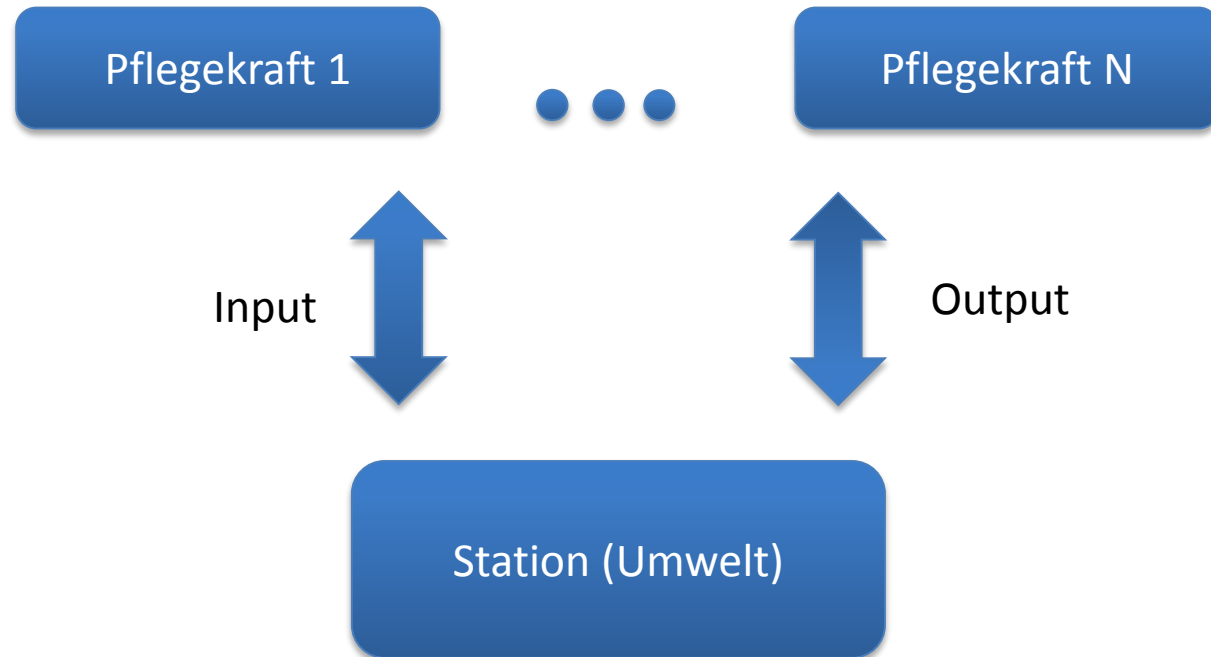
# Schema: Methodisches Vorgehen



Methodischer Hintergrund des Software-Tools

# MODELL-KONZEPT

- **Agentenbasierte Simulation** (vgl. Kügl 2006)
  - Petri-Netze in Modelica (vgl. Modelica Association 2012)
  - Bildet den Personaleinsatz innerhalb von 365 Tagen ab



- **Pflegekräfte**
  - Verschiedene Berufsqualifikationen
    - Pflegefachkräfte
    - Helfer/-in
    - Schüler/-in
    - Praktikant/-in
    - usw.
  - Arbeitszeitmodelle
  - Wöchentliche Arbeitszeit
  - Ruhezeiten
  - Wochenendregelung
  - Krankheitsfälle
  - Persönliche Bedürfnisse der Pflegenden
  - usw.
- **Station**
  - Pflegeaufwand der Patienten
  - Einsatzplanung
  - Urlaubsregelung
  - usw.

Mathematische Grundlage der Agenten

# PETRI-NETZ



# Ursprung der Petri-Netze



Quelle: wikipedia.de

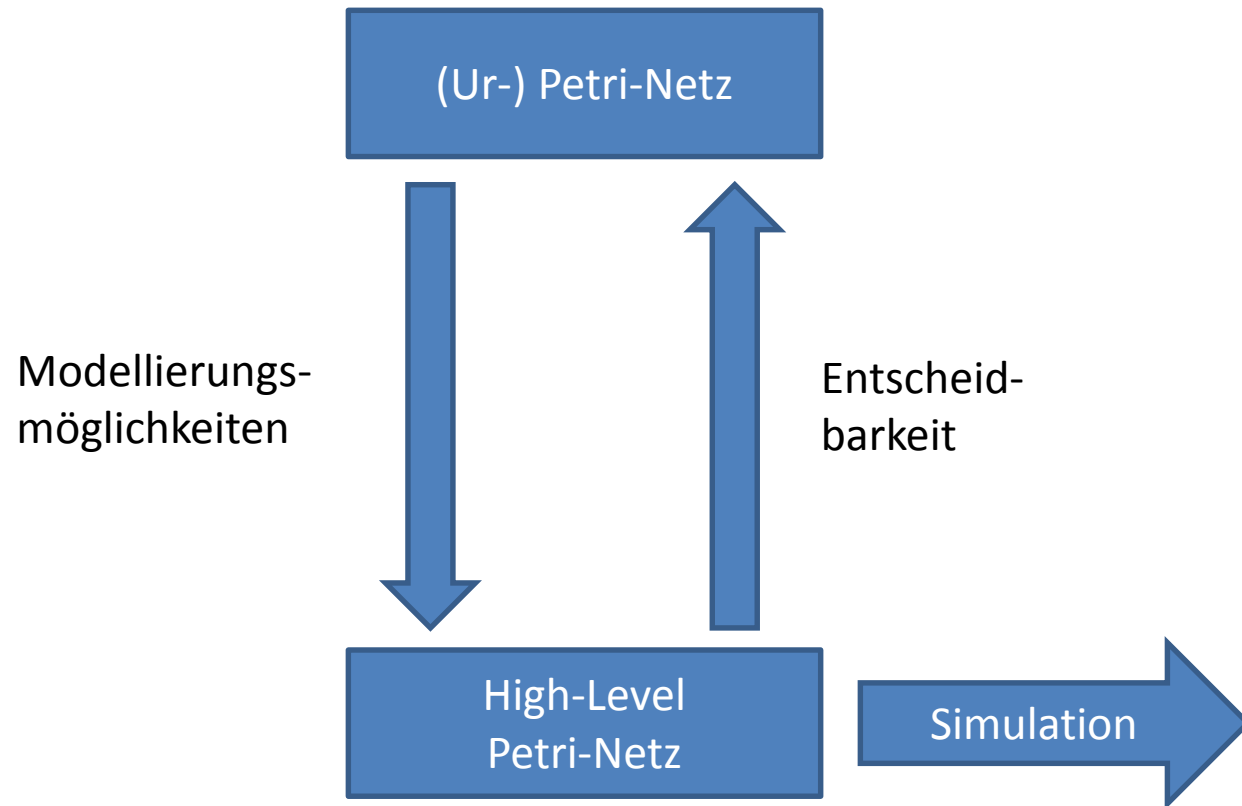
**Carl Adam Petri**

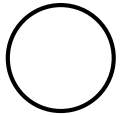
(\* 12. Juli 1926 in Leipzig; † 2. Juli 2010 in Siegburg)

Deutscher Mathematiker und Informatiker

*Kommunikation mit Automaten* (1962) Institut für instrumentelle Mathematik  
der Universität Bonn

- Konfliktlösung
- Kapazitäten
- Hemm-/ Testpfeile
- Funktionale Pfeilgewichtungen
- Zeitkonzepte
- Stochastische PN
- Hierarchische PN
- Gefärbte PN
  - Fuzzy-PN
- Objektorientierte PN
- Kontinuierliche PN
- Hybride PN
- usw. (vgl. Proß 2013, Jensen & Kristensen 2009 ).





Plätze



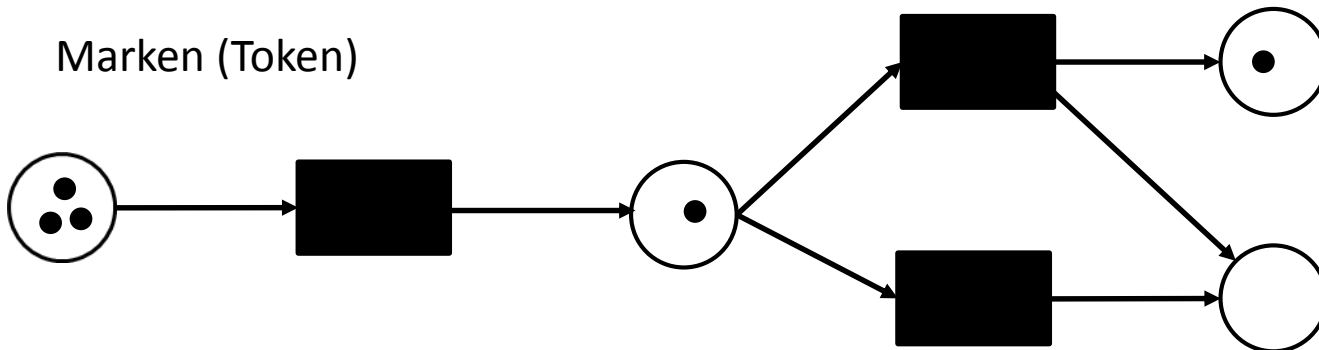
Transitionen (Schaltungen)

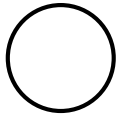


Pfeile (gerichtete Kanten)



Marken (Token)





Plätze



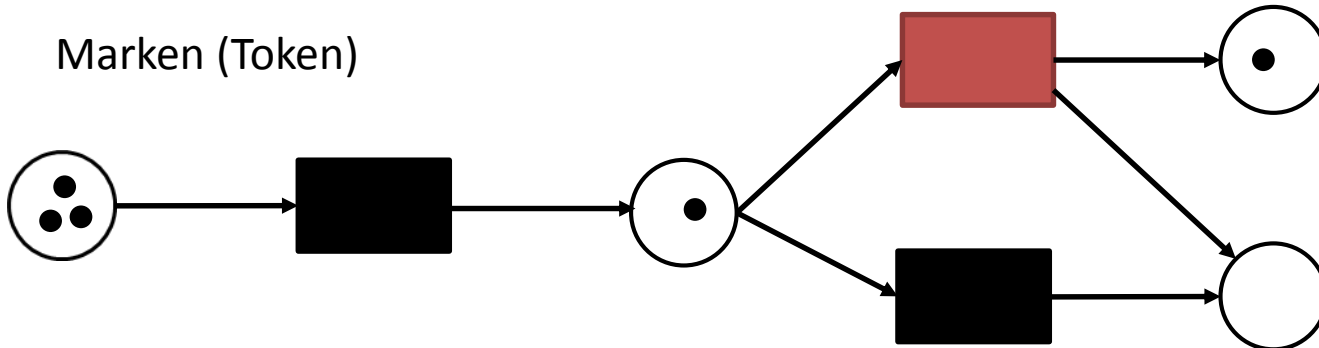
Transitionen (Schaltungen)

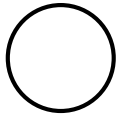


Pfeile (gerichtete Kanten)



Marken (Token)





Plätze



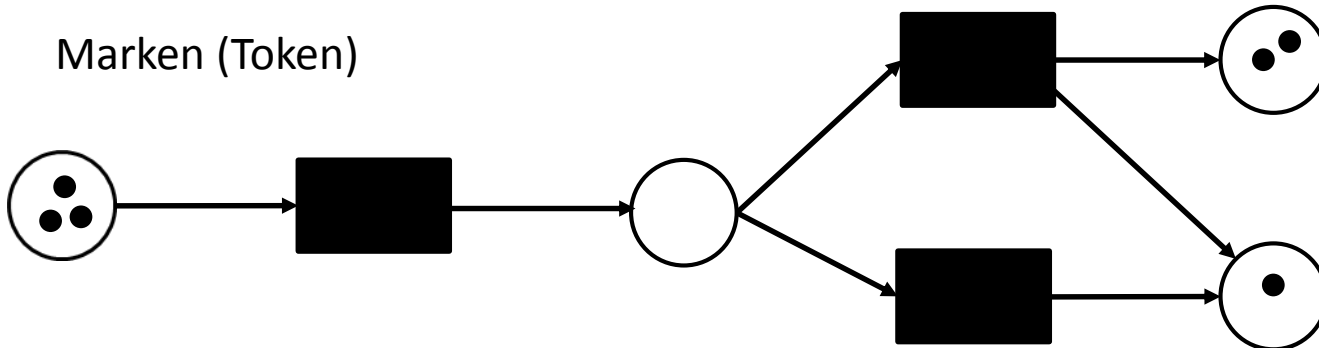
Transitionen (Schaltungen)

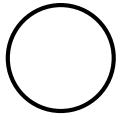


Pfeile (gerichtete Kanten)



Marken (Token)





Plätze



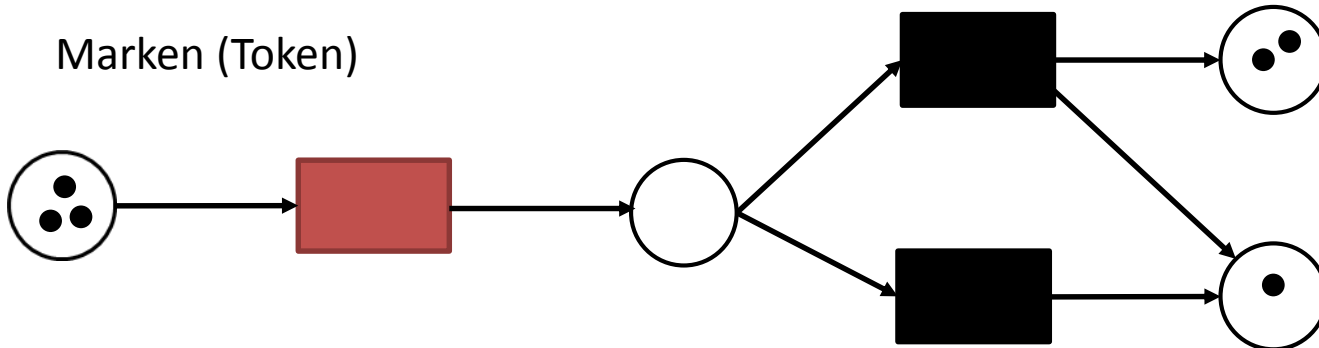
Transitionen (Schaltungen)

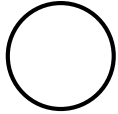


Pfeile (gerichtete Kanten)



Marken (Token)





Plätze



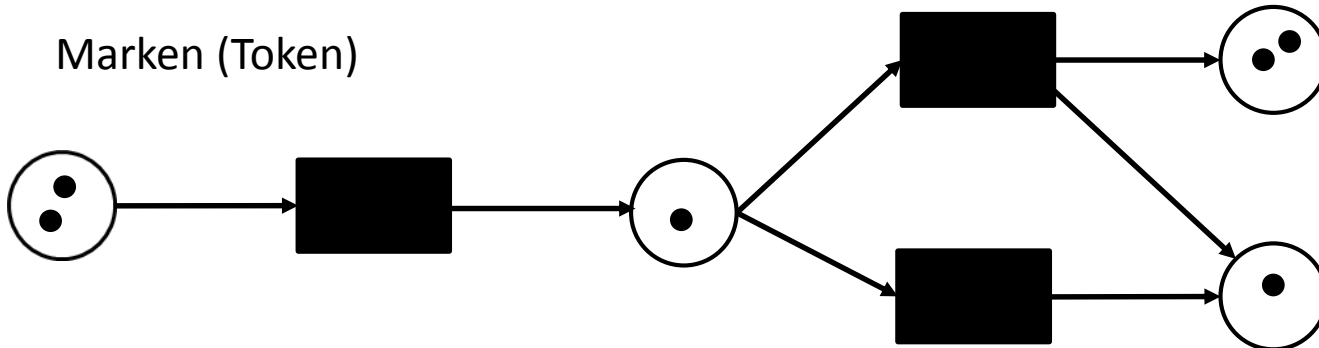
Transitionen (Schaltungen)



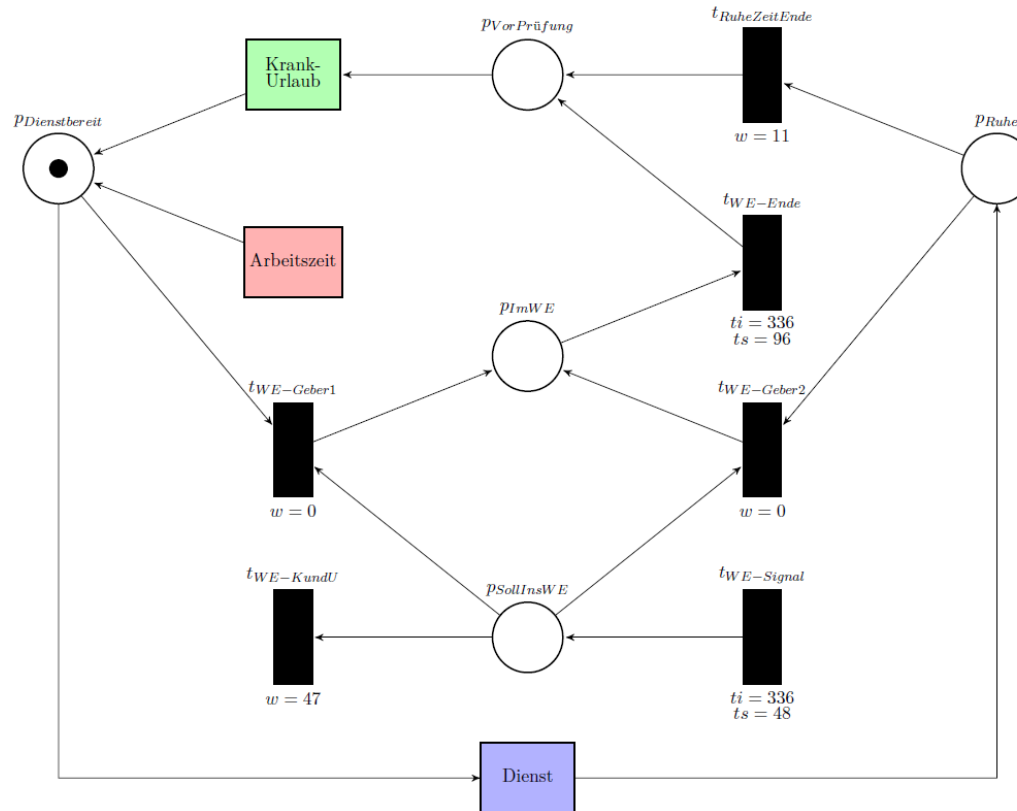
Pfeile (gerichtete Kanten)



Marken (Token)



# Darstellung einer Wochenendregelung



Lask et al. 2016



Entscheidungsunterstützung

# SIMULATIONSERGEBNISSE

- Das Software-Tool soll für eine Vielzahl unterschiedlicher managerieller Fragestellungen anwendbar sein
- Stochastische Machbarkeitsaussagen
  - Betriebsfähigkeit der Station (Orientierung am Pflegebedarf)
    - Zielgröße: Schichtbesetzungsdefizit
    - Beispiele:
      - Genügend Pflegepersonal vorhanden (vgl. Lask et Al. 2016)
      - Reaktion auf Personalausfall
      - usw.
  - Individuelle Bedürfnisbefriedigung von Pflegekräften
    - Zielgröße: Anteil nicht berücksichtigter mitarbeiterindividueller Planungsvorgaben
    - Beispiele:
      - Garantie von freien Wochenenden
      - „bevorzugte“ Arbeitszeiten
      - usw.

- Breiman L, Friedman JH, Olshen R & Stone CJ (1984).** Classification and Regression Trees. New York: Chapman & Hull.
- Brühl A, Planer K (2013).** PiSaar – Pflege im Saarland. Abschlussbericht. Vallendar: PTHV. Online verfügbar: [http://kidoks.bsz-bw.de/files/85/PiSaar\\_Abschlussbericht\\_2013.pdf](http://kidoks.bsz-bw.de/files/85/PiSaar_Abschlussbericht_2013.pdf).
- Friedman JH (1991).** Multivariate Adaptive Regression Splines. In: *The Annals of Statistics* 19 (1), S. 1–67.
- Grebe C (2013):** Pflegeaufwand und Personalbemessung in der stationären Langzeitpflege: Entwicklung eines empirischen Fallgruppensystems auf der Basis von Bewohnercharakteristika. Vortrag auf der 3-Länderkonferenz Pflege & Pflegewissenschaft 2013, Konstanz, 16.09.2013
- Grubinger T, Zeileis A, Pfeiffer KP (2014).** emtree: Evolutionary Learning of Globally Optimal Classification and Regression Trees in R. In: *Journal of Statistical Software* 61(1): 1-29.
- Hastie T, Tibshirani RJ, Friedman JH (2009).** The elements of statistical learning. Data mining, inference, and prediction (Springer series in statistics). 2. ed., corr. at 4. pr. New York, NY: Springer.
- Hothorn T, Hornik K, Zeileis A (2013):** party. A Laboratory for Recursive Partytioning. Online verfügbar: <http://cran.r-project.org/web/packages/party/vignettes/party.pdf>
- Jensen K & Kristensen LM (2009).** Coloured Petri Nets: Modelling and Validation of Concurrent Systems. Berlin-Heidelberg: Springer
- Klügl F (2006):** Multiagentensimulation. In *Informatik-Spektrum* 29(6):412-415
- Lask T, Kruse HJ, Bachmann B (2016).** Simulation und Optimierung der Personalplanung im Pflegebereich von Krankenhäusern durch Petri-Netz-Modelle. In: Kruse HJ & Lask T (Hrsg.). *Angewandte mathematische Modellierung und Optimierung – Ausgewählte Modelle, Methoden, Fallstudien*, Forschungsreihe des Fachbereichs Ingenieurwissenschaften und Mathematik der Fachhochschule Bielefeld, Band 4. Bielefeld: Fachhochschule Bielefeld.
- Modelica Association (2012).** Modelica - A Unified Object-Oriented Language for Physical Systems. Modeling Language Specification, Version 3.3. Modelica Association.
- Proß S (2013).** Hybrid Modeling and Optimization of Biological Processes. Forschungsreihe des Fachbereichs Ingenieurwissenschaften und Mathematik der Fachhochschule Bielefeld, Band 1. Bielefeld: Fachhochschule Bielefeld.



## Ihre Ansprechpartner/-innen:

Prof. Dr. Annette Nauerth

Tel.: 0521/106-7436

E-Mail: [annette.nauerth@fh-bielefeld.de](mailto:annette.nauerth@fh-bielefeld.de)

Christian Grebe, M. Sc.

Tel.: 0521/106-71233

E-Mail: [christian.grebe@fh-bielefeld.de](mailto:christian.grebe@fh-bielefeld.de)



**FH Bielefeld**  
University of  
Applied Sciences