



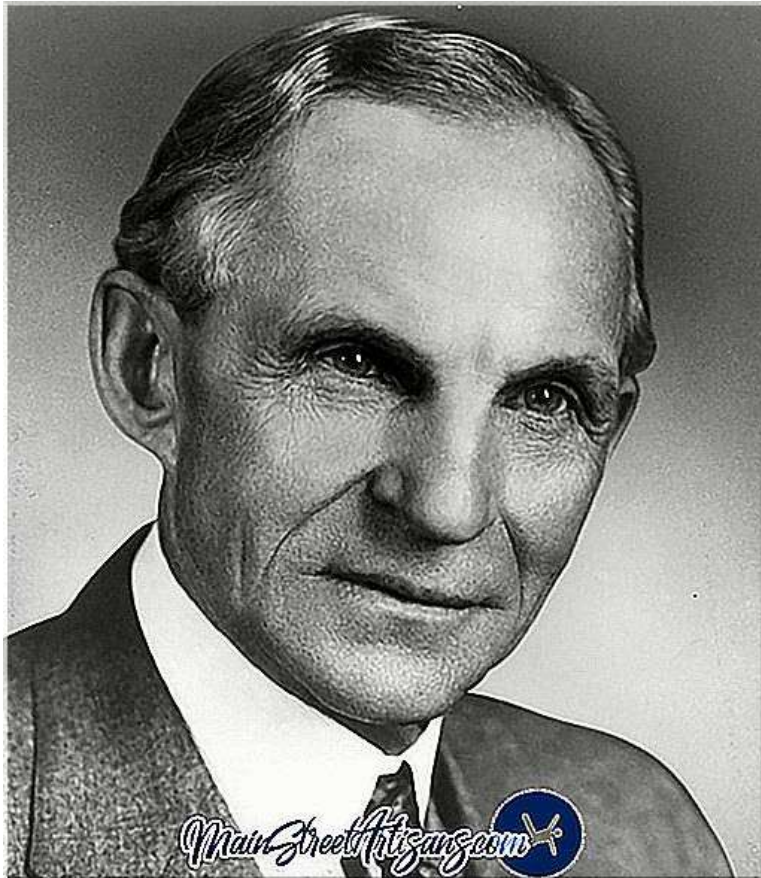
Automation im Medikationsprozess

Michael Baehr

Statement zu eventuellen Interessenkonflikten

Es bestehen keinerlei Interessenkonflikte.

Die Nennung von Firmen- und Produktnamen ist exemplarisch; die Angaben haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.



*„Es gibt eine Regel für den
Industriellen und es ist: die
bestmögliche Qualität der Produkte
zum niedrigstmöglichen Preis zu
erzielen und den höchstmöglichen
Lohn zu zahlen.“
Henry Ford*

<https://ger.mainstreetartisans.com/4135911-henry-ford-quotes-aphorisms-sayings>

Rationale für die Automation von Apothekenprozessen

- Verbesserung der Qualität (weniger Fehler beim Kommissionieren oder bei der Herstellung)
- Einsparung von Personalkosten
- Reduzierung der Raum- und Gebäudekosten pro gelagerter Packung (Lagerverdichtung)
- Verbesserung der Arbeitsbedingungen für Apothekenpersonal
- Personalschutz (Zytostatikazubereitung)
- Antwort auf den Fachkräftemangel

Klassische Felder der Automation von Apothekenprozessen

Apotheke

Arzneimittellager

Arzneimittleinkauf

Zytostatikzubereitung

Sterilabteilung

Unsterile Herstellung



Vollautomatische Lagersysteme

- Apoforma
- APOSTORE
- BD-Rova
- KLS
- Mach4 / Omnicel
- Modicos
- Swisslog
- Willach+Heise
- ...



Swisslog



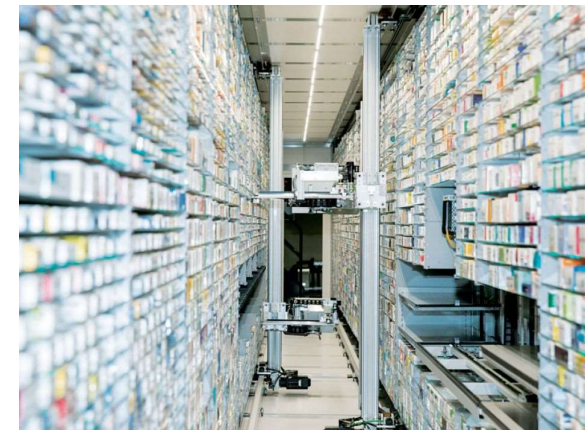
Willach+Heise



Mach4/Omnicel



BD-Rova



Apostore

APOSTORE, Freiburg

- Personaleinsparung realisiert:
Der Arbeitsaufwand für die C-Artikel wurde um 25% reduziert, der Arbeitsaufwand für die Umlagerung aus dem Übervorratslager halbiert. Das entspricht in der Summe 45 Wochenstunden (Kostenersparnis von etwa 40.000 Euro pro Jahr)
- Raum durch Verdichtung der Lagerung gewonnen:
Es konnten etwa 10 m² gewonnen werden, was einer Ersparnis von 1.200 Euro pro Jahr. Entspricht.
- Die betriebswirtschaftliche Forderung einer Amortisation innerhalb des Abschreibungszeitraums erfüllt:
Der „Return on Investment“, also die Zeit in der sich eine Investition amortisiert, liegt bei 5,5 Jahren.
- Die Fehlerrate wurde gesenkt.
- Darüber hinaus hat sich der Arbeitsaufwand zur Aufnahme eines neuen Artikels ins Sortiment in etwa halbiert.

UKE Halbautomatische Lagersysteme am Beispiel von AMV

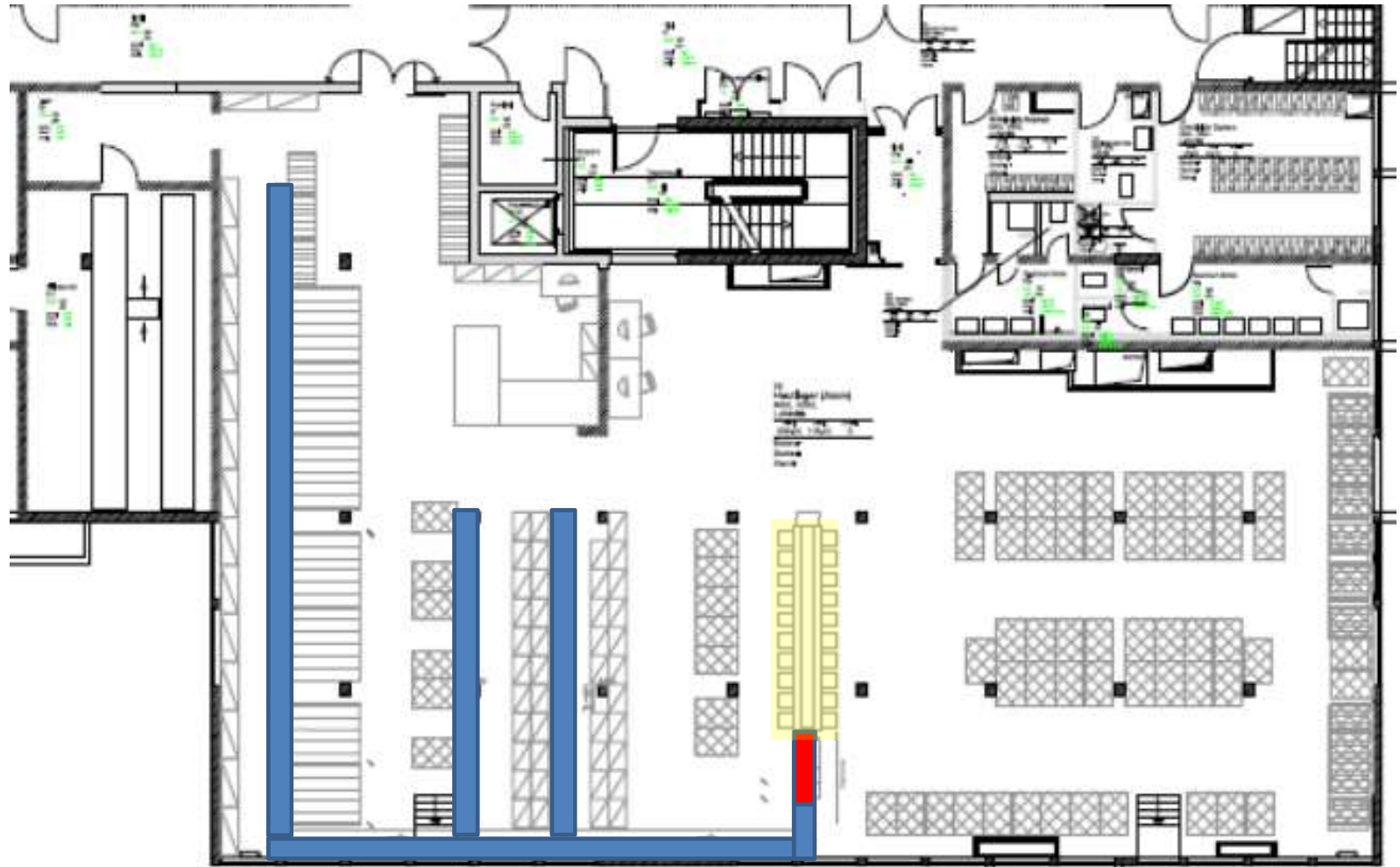
HAMBURG

Axon Machine Vision
Lagersystem
UKE
Hamburg seit 2008

Transportband

Kameratunnel

Sorter



Halbautomatische Lagersysteme am Beispiel von AMV



- Es können bis zu 40 Stationen gleichzeitig bearbeitet werden.
- Die Kommissionierung erfolgt wegoptimiert mit Hilfe von Handhelds.
- Packungen müssen lediglich auf das Band gelegt werden.

Halbautomatische Lagersysteme am Beispiel von AMV



- Hochauflösende Kameras identifizieren die Packungen anhand von Bild, Bar- oder Serialcode
- Automatische Erfassung der Chargenbezeichnung
- Meldung an den NGDA Server

Halbautomatische Lagersysteme am Beispiel von AMV



- Pusher schieben die Packungen in die hinter dem Kameratunnel befindlichen Kisten.
- Packungen, die nicht erkannt wurde oder nicht zum Auftrag gehören, werden aussortiert.

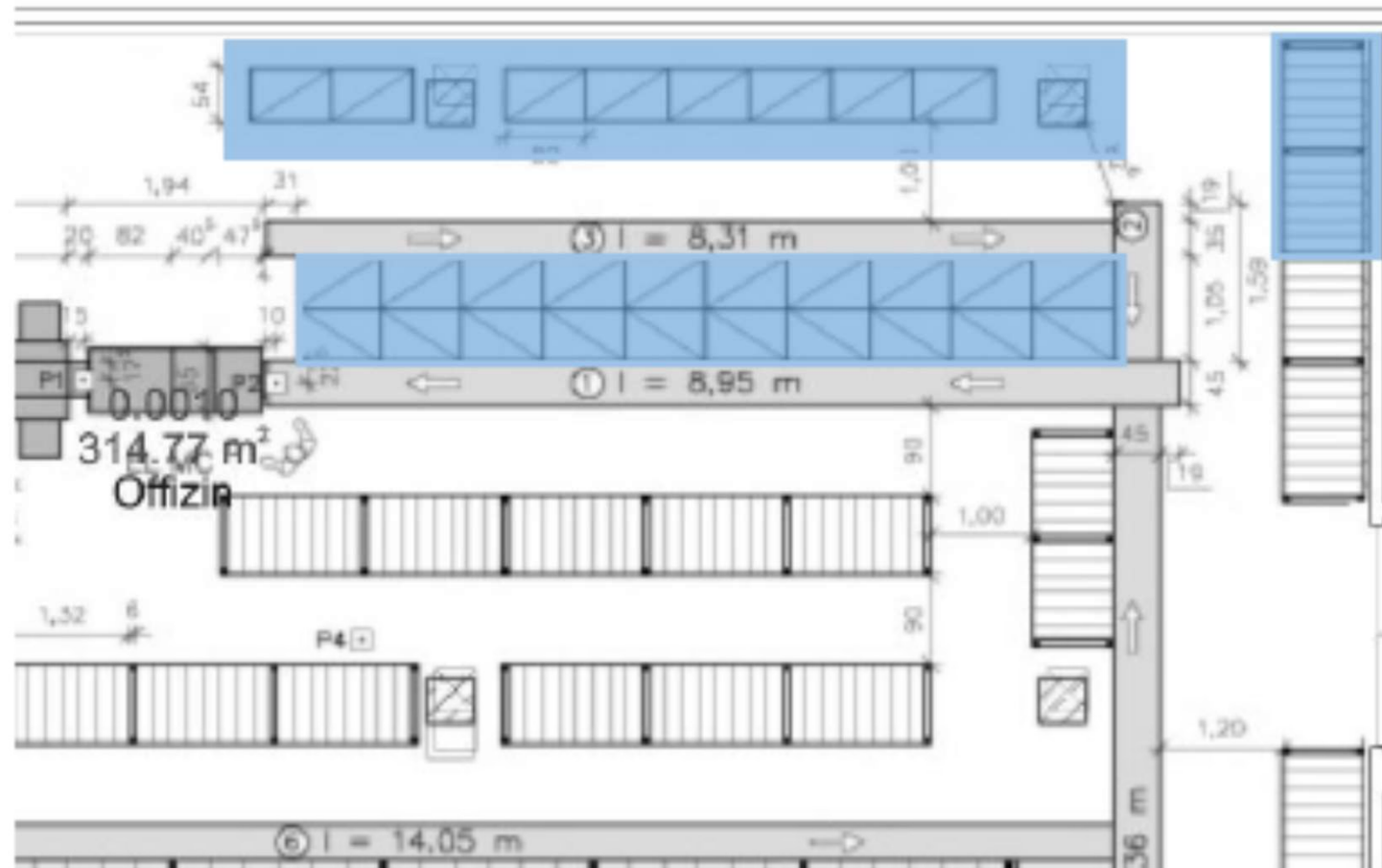
Halbautomatische Lagersysteme am Beispiel von AMV



Kombination verschiedener Automaten

Axon
Mashine
Vision
und
Consis

Charité
Berlin



Berndt G, Bindemann M, Schulz M, Bischoff S. Auswertung der Kennzahlen des Fertigarzneimittelumsatzes der Apotheke der Charité. Poster 40. ADKA Kongress. 28. – 30. Mai 2015, Mannheim

Kombination verschiedener Automaten



Fotos:
Dr. rer. nat. Georg Berndt
Fachapotheker für Klinische Pharmazie
Apotheke - Qualitätsmanagement
Charité - Universitätsmedizin Berlin

Kombination verschiedener Automaten



Fotos:

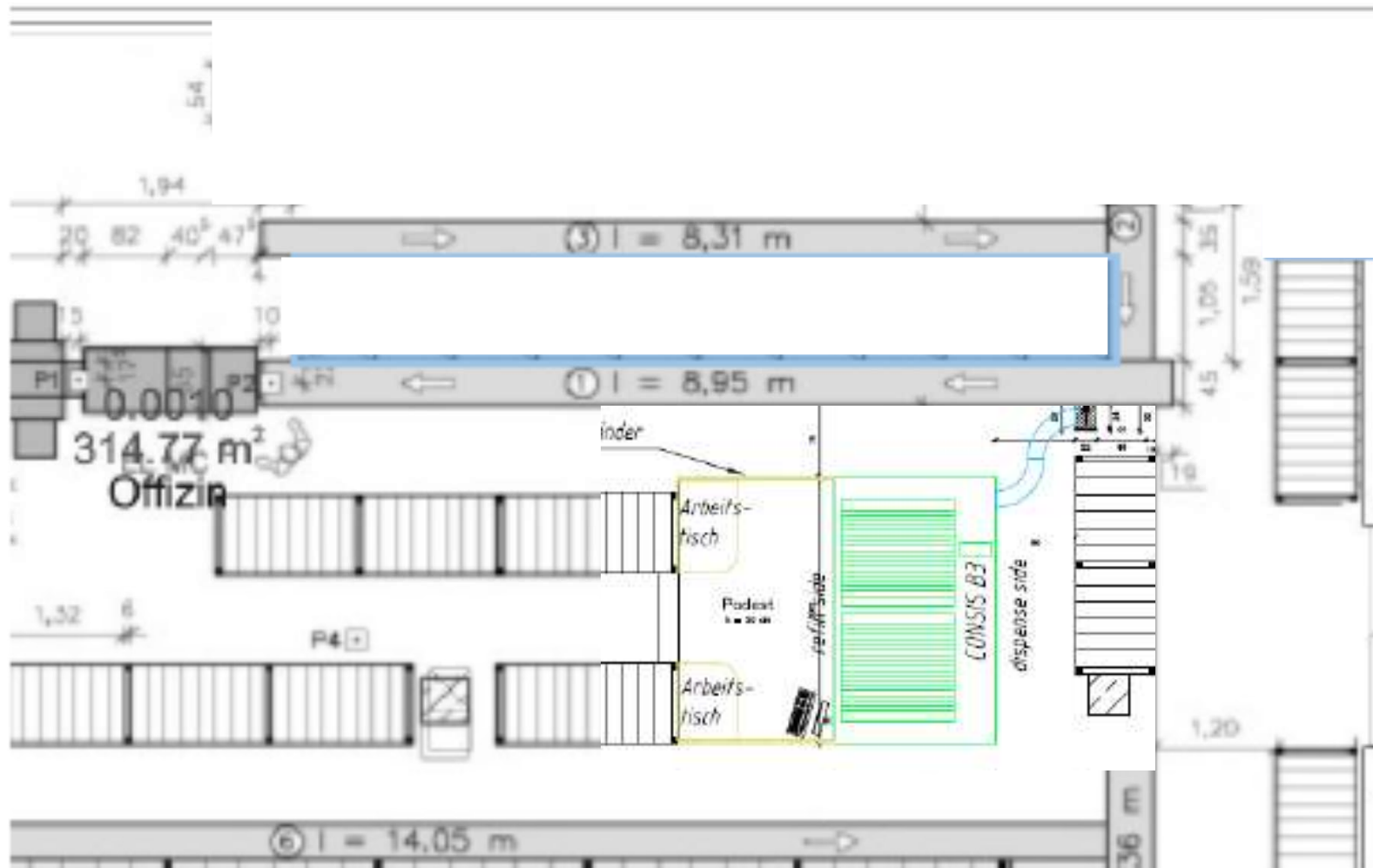
Dr. rer. nat. Georg Berndt

Fachapotheker für Klinische Pharmazie

Apotheke - Qualitätsmanagement

Charité - Universitätsmedizin Berlin

Kombination verschiedener Automaten



Berndt G, Bindemann M, Schulz M, Bischoff S. Auswertung der Kennzahlen des Fertigarzneimittelumsatzes der Apotheke der Charité. Poster 40. ADKA Kongress. 28. – 30. Mai 2015, Mannheim

- Anzahl der einzulagernden Packungen
- Geschwindigkeit der Ein- und Auslagerung
- Mindest- und Maximalabmessungen und –gewicht der handhabbaren Packungen
- Funktionalität der angeschlossenen Fördertechnik
- Lautstärkepegel
- Servicelevel und Reaktionszeit des Herstellers bei Geräteausfall
- Ersatzteilverfügbarkeit
- Gerätebedingte Offline-Zeiten
- ...

<https://www.deutsche-apotheker-zeitung.de/daz-az/2013/daz-50-2013/checklisten-zum-automatenkauf>

Automation in der Herstellung



Vollautomaten
Apoteca Chemo., Loccioni



KIRO Oncology, Grifols

Vollautomaten in der Herstellung

Liste der validierten Wirkstoffe			
Aflibercept	Dacarbazin	Irinotecan	Pertuzumab
Alemtuzumab	Daunorubicin	Leucovorin calcium	Pirarubicin
Amrubicin hydrochlorid	Decitabin	Mesna	Raltitrexed
Asparaginase	Denosumab	Methotrexat	Ramucirumab
Atezolizumab	Durvalumab	Mitomycin	Rituximab
Belimumab	Docetaxel	Mitoxantron	Sodium levofolinat
Bendamustin	Doxorubicin	Mycophenolat mofetil	Temozolomid
Bevacizumab	Doxorubicin liposomal	Nelarabin	Temsirolimus
Bleomycin	Eculizumab	Nivolumab	Thiotepa
Bortezomib	Elotuzumab	Obinutuzumab	Tocilizumab
Brentuximab	Epirubicin	Ofatumumab	Topotecan
Busulfan	Eribulin	Olaratumab	Trabectedin
Cabazitaxel	Etoposid	Ondansetron	Trastuzumab
Calciumlevofolinat	Etoposidphosphat	Oxaliplatin	Trastuzumab emtansin
Carboplatin	Fludarabine	Paclitaxel	Treosulfan
Carfilzomib	Fluorouracil	Paclitaxel albumin	Vedolizumab
Cetuximab	Ganciclovir	Palonosetron	Vinblastin
Cisplatin	Gemcitabin	Pamidronat	Vincristin
Cladribin	Idarubicin	Panitumumab	Vindesin
Clofarabine	Ifosfamid	Pegaspargase	Vinflunin
Cyclophosphamid	Infliximab	Pembrolizumab	Vinorelbin
Cytarabin	Interferon alpha 2b	Pemetrexed	Zoledronic acid
Cytarabine liposomal	Ipilimumab	Pentamidin	

Krämer I. et al. Benchmarking und Entwicklung von Standards zur robotergestützten Zytostatika-Zubereitung durch die deutsche APOTECachemo-Community. Krankenhauspharmazie 2021;42:137–43

Vollautomaten in der Herstellung

Tab. 2. Veränderungen der mit APOTECACHemo hergestellten Zubereitungen je Standort für fünf ausgewählte Wirkstoffe über sechs Monate vor und nach dem Community Treffen

Wirkstoff	Zahl der Apotheken, die den Wirkstoff vor/nach dem Community Treffen zubereiten	Anzahl Zubereitungen vor dem Community Treffen	Anzahl der Zubereitungen nach dem Community Treffen	Steigerung der Produktion (%)
Carboplatin	3/5	717	1011	+41 %
Cisplatin	5/5	2730	2854	+4,5 %
Docetaxel	3/4	226	451	+99 %
Ganciclovir	4/4	578	1096	+90 %
Paclitaxel	4/4	1823	1993	+9,5 %

Krämer I. et al. Benchmarking und Entwicklung von Standards zur robotergestützten Zytostatika-Zubereitung durch die deutsche APOTECACHemo-Community. Krankenhauspharmazie 2021;42:137–43

Halbautomaten in der Herstellung



Halbautomaten
PharmaHelp, Fresenius



SmartCompounds Chemo

Halbautomaten in der Herstellung

- Die Qualifizierung und Validierung eines Roboters ist zeitaufwendig. Sie bedarf 1 VK Apotheker und 0,4 VK PTA für ein Jahr.
- Produktivitätssteigerungen wurden nur nachgewiesen, wenn mehrere aufeinanderfolgende Läufe gefahren wurden.
- Das System scheint am effizientesten und geeignetsten für die Herstellung dosisgebundener Arzneimittel für Volumina von 2(5)–250 ml Lösungen zu sein.

Table 1: Average time for production of a batch of ten IV bags (N = 9 runs).

Type of process	Mean ($\pm$ 95 % CI)	SD
Pre-process	18 min 30 s ($\pm$ 1 min)	1 min 17 s
Process	16 min 40 s ($\pm$ 5 min)	6 min 23 s
Post-process	20 min 35 s ($\pm$ 5 min)	6 min 21 s
Time for production	55 min 44 s ($\pm$ 11 min)	14 min 00 s
Time for production including robot-head initialisation	60 min 44 s ($\pm$ 11 min)	14 min 00 s

The admixing times for volumes from 2–1000 mL took from 5–23 min for ten IV bags.

Kriterien für die Auswahl von Automaten in der Herstellung

- Geschwindigkeit (Zeit/ Zubereitung) unter Berücksichtigung der Rüstzeiten und klinischer Erfordernisse
- Anzahl validierter Wirkstoffe/Arzneimittel
- Genauigkeit
- Personalbedarf /-qualifikation
- Bedarf an gerätespezifischem Verbrauchsmaterial
- Notwendige IT-Schnittstellen
- Erforderliche Reinraumbedingungen (A/B/C/D)
- Investitionskosten
- Umbau- und (Re)qualifizierungskosten
- ...



*„Die erste Regel von
Technologie in Unternehmen
ist, dass Automation die
Effizienz von effizienten
Abläufen erhöht.*

*Die zweite Regel ist, dass sie die
Ineffizienz von ineffizienten
Abläufen erhöht.“*

Bill Gates

[Bill Gates: Die besten 30 Zitate und Sprüche - Studihub.de](#)

Traditioneller Medikationsworkflow

Station

Verschreibung von:

- Fest-orale Arzneimitteln
- Oralen Liquida
- Parenteralia
 - Zytostatika
 - Totale parent. Ernährung
 - Antiinfektiva
- Sonstigen Arzneiformen
 - Fertigspritzen
 - Suppositorien
 - Transdermale Systemen
 - Inhalatoren

Stationsanforderungen

Sonderanforderungen

Zytostatikaanforderungen

TPE-Anforderungen

Rezepturanforderungen

Apotheke

Arzneimittelausgabe

Arzneimittleinkauf
Nichtlagerartikel

Zytostatikzubereitung

Sterilabteilung

Unsterile Herstellung
(Rezeptur)

Traditioneller Medikationsworkflow

Apotheke

Arzneimittellager

Arzneimittleinkauf

Zytostatikzubereitung

Sterilabteilung

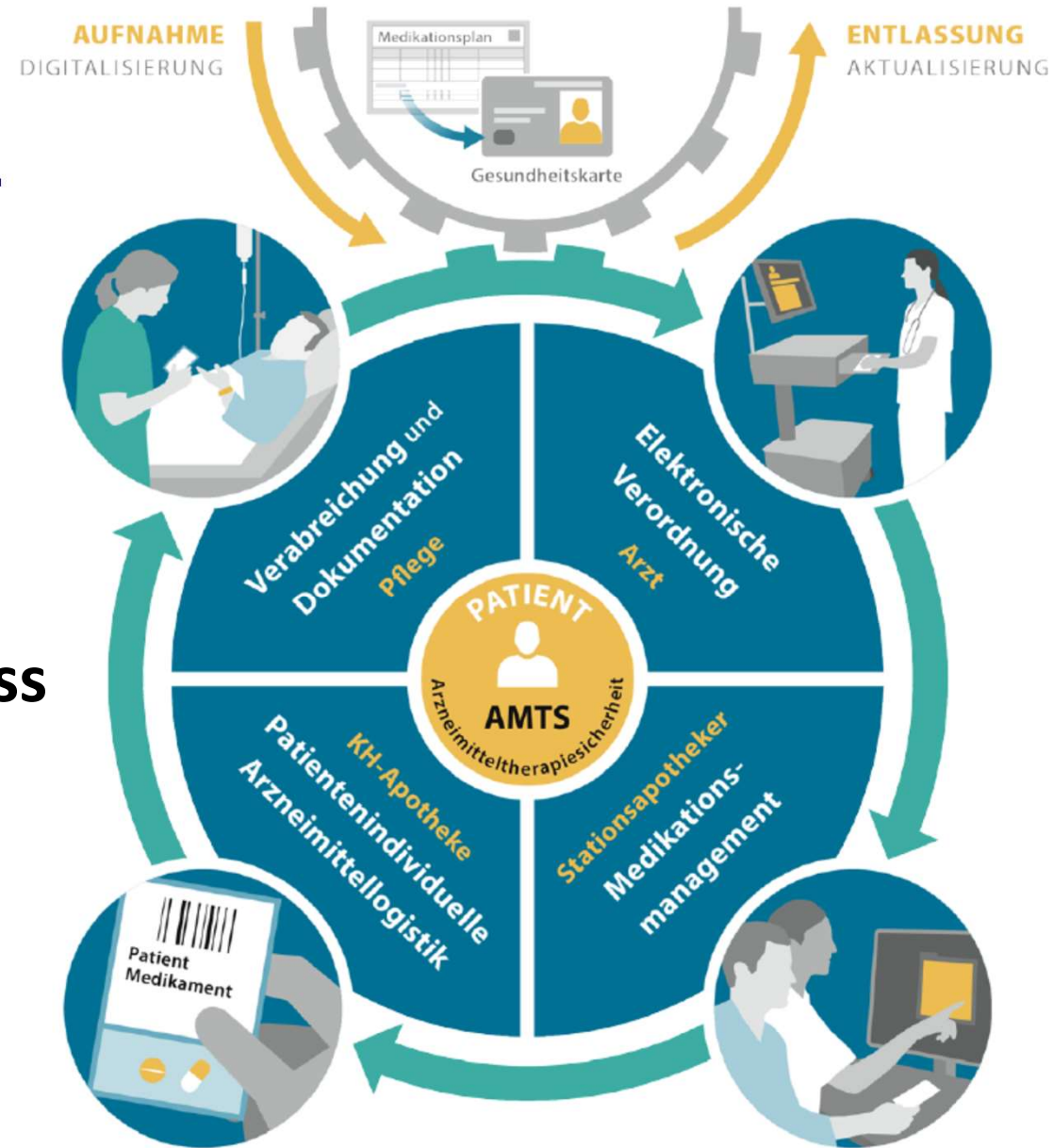
Unsterile Herstellung



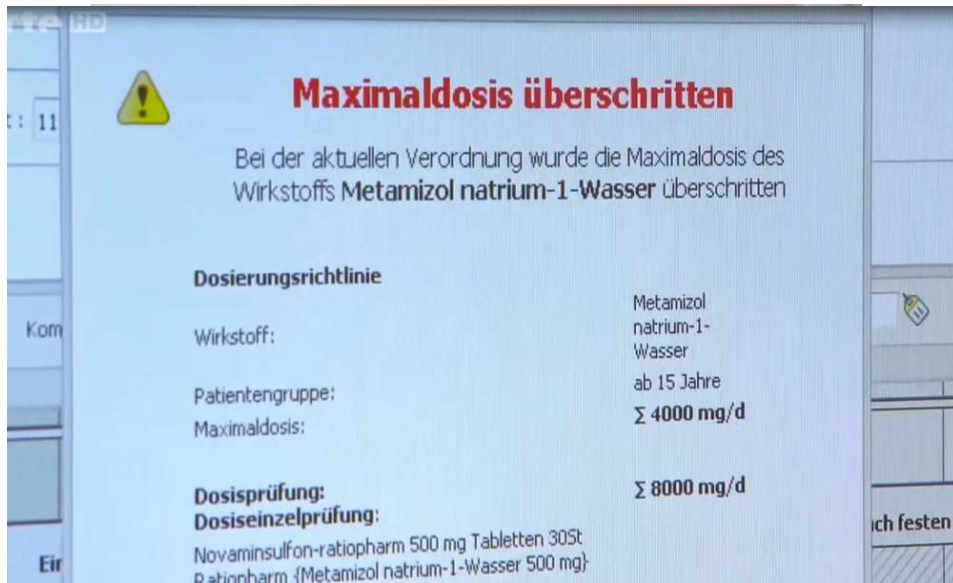
Vision für den Medikationsprozess

*Was immer du tust, handele klug und bedenke das Ende.
Lateinische Weisheit aus "Gesta Romanorum"*

Closed Loop Medication Management - Vision für den Medikationsprozess



Elektronische Verordnung



- Zugriffs...
- incl. ...
- Entscheidungs...
- Interaktion...
- Unter...
- und B...



BMP



Medikationsmanagement



Arzt /Ärztin

- stellt Diagnose
- ordnet die Therapie an
- berücksichtigt Komorbiditäten, klinischen Zustand
- klärt den Patienten auf

Gemeinsam

- Legen finale Therapie fest (Arzneistoffe und Dosierungen) unter Berücksichtigung patientenindividueller Faktoren und Charakteristika der Arzneistoffe
- Monitoren die Therapie (Laborwerte, klinisch)

Apotheker*in

- Medikationsanalyse
- Arzneimittelinformation
- erstellt Standard-Therapiepläne sowie Empfehlungen zur Pharmakotherapie



Patientenorientierte Versorgung



- Entlastung des Pflegedienstes beim Stellen von Medikamenten
- Wichtige Informationen und ges. Beipackzettel auf der Tüte
- Reduktion der Abweichungsrate von 56% beim traditionellen auf 1,6% beim Closed-Loop Prozess (Baehr et al 2014)
- Gemessene Fehler: 4,2 %, davon 34 % leicht, 52 % mittelschwer, 14% schwer (Malik et al 2019)

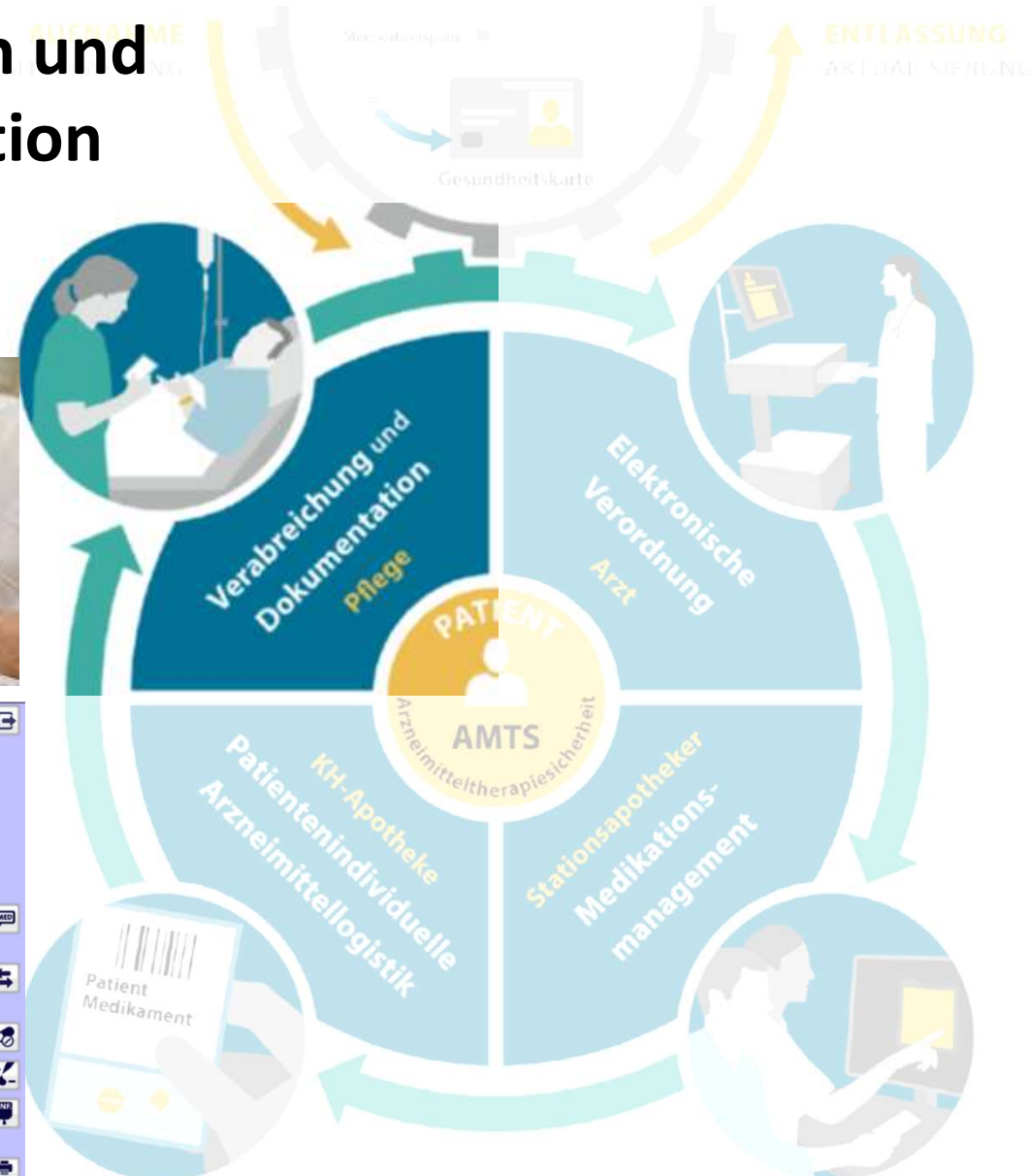


Unterstützung der Applikation und nachvollziehbare Dokumentation

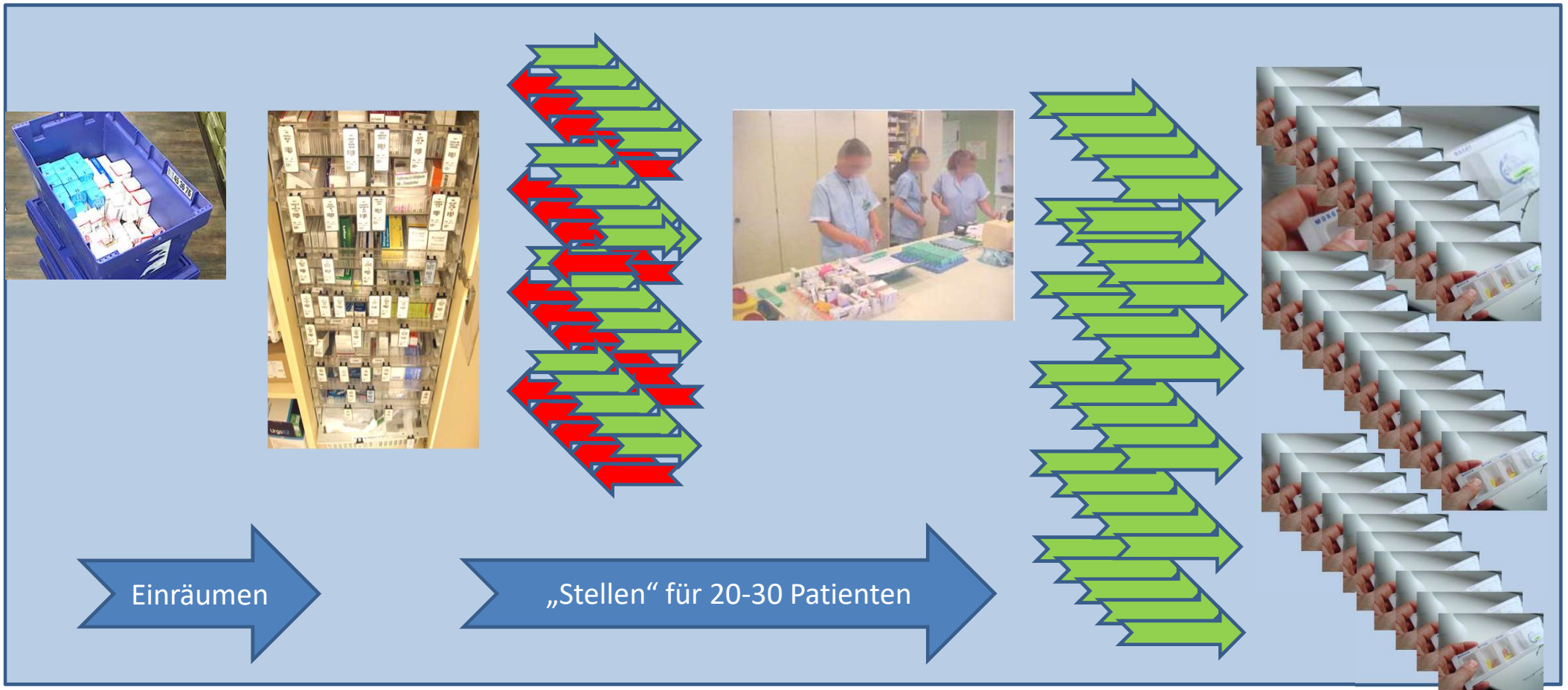
- Keine Transkription
- Übersichtliche Arbeitslisten
- Unterstützung der Chargendokumentation
- Automatische ZE/NUB Dokumentation
- Hinweise zur Applikation durch die Software



Medikationsübersicht		Musterfrau, Malene (*17.07.1964), 50 Jahre, weiblich		Hinweise
Handelsname / Wirkstoff		Zeitraum: 06.05.2015 (00:00 Uhr - 23:00 Uhr) → Heute		Ansicht: 24 Stunden
Intravenös		<< 30.04. (Do.) 01.05. (Fr.) 02.05. (Sa.) 03.05. (So.) 04.05. (Mo.) 05.05. (Di.) 06.05. (Mi.) 07.05. (Do.) 08.05. (Fr.) 09.05. (Sa.) 10.05. (So.) 11.05. (Mo.) 12.05. (Di.) 13.05. (Mi.) >>		Kompakte Ansicht
Human-Albumin 20% 50ml INF - (P) (CHARGE)		1 Flasche		
Human-Albumin 20% 50ml INF - (P) (CHARGE)		2 Flasche		2 Flasche
Meropenem Eberth 500mg TRS - (P)		1 Flasche		1 Flasche
Sterofundin ISO 500ml Ecoflac Inf. - (S)		1 Flasche		
Vancomycin 500mg TRS - (P)		X Flasche		
subcutan				
Actrapid 100 IE/ml Amp - (S)		X I.E.		
Lantus Insulin 100IE/ml Amp - (S)				28 E.
peroral/oral				
Bifiteral Sirup - (S)		30 ml		30 ml



Die letzten 50 m bei der traditionellen Versorgung



Cabinetsysteme

- Pyxis
- Omnicel
- ...



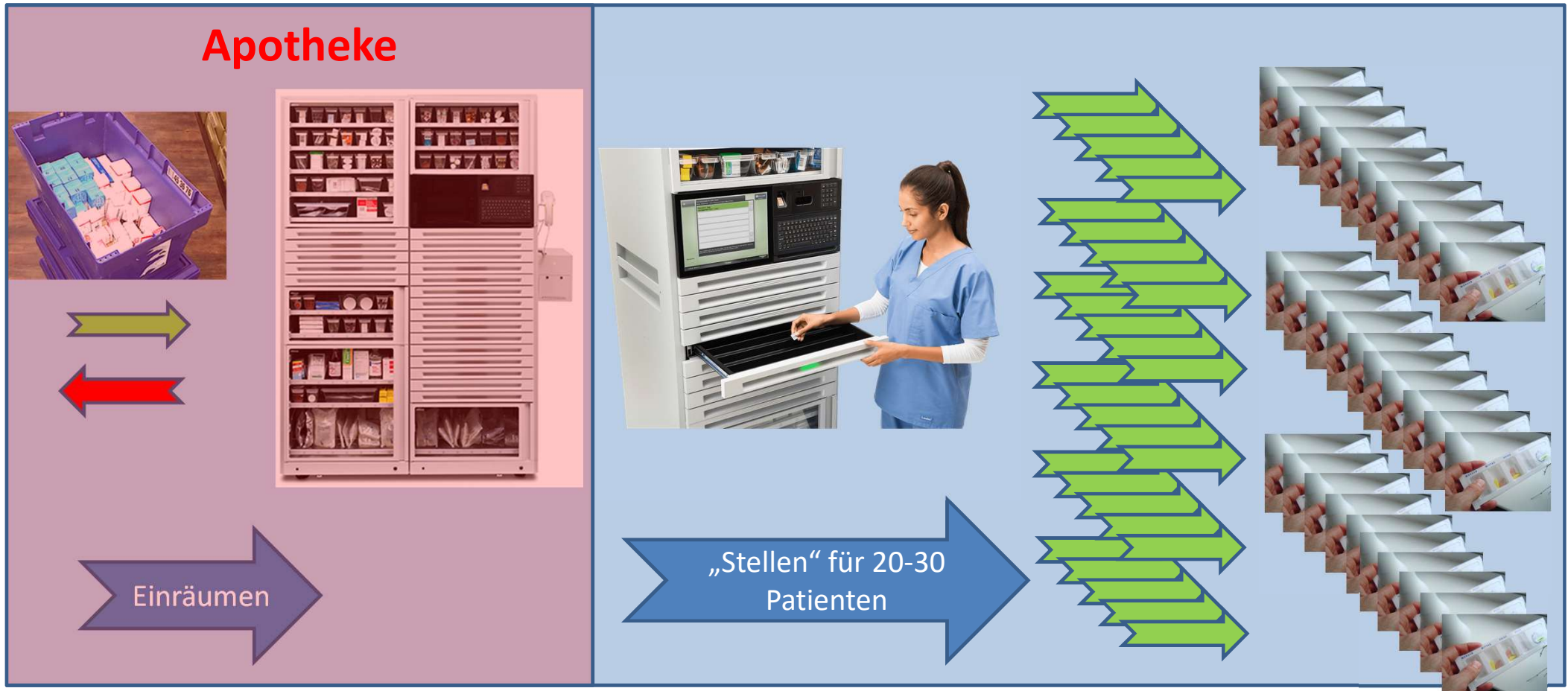
Pyxis



Omnicel

Roberto Frontini. Automated Dispensing Cabinets (ADCs) als Ergänzung der Unit-Dose-Belieferung. *Krankenhauspharmazie* 2020; 41(07):262-266.

Die letzten 50 m bei Einsatz von Cabinetsystemen



Automaten für die letzten 50 m

Verpackungs- automaten



Swisslog



BD-Rowa

- Baxter
- BD-Rowa
- HD-Medi
- Swisslog
- ...



Baxter



HD-Medi

Konzept im UKE

- 2 Baxter FDS Proud
- 2 Global factories Kontrollmaschinen
- Ca 13.000 Units/Tag
- Zusätzlich Kombination mit dem Axon-System für nicht orale AF
- ca. 3.500 Units/Tag



Die letzten 50 m beim Einsatz von Verpackungsautomaten

Apotheke



Produktion von patientenindividuellen
Unit-Doses und Bereitstellung von
einzeln dosierten nicht oralen
Medikamenten



Stellen von
Bedarfsmedikation
und mehrfach
dosierten
Arzneimitteln für 20-
30 Patienten

Kriterien für die Auswahl von Automaten für die letzten 50 m

- Entscheidung zum den Prozess für die letzten 50 m bei Orientierung am vorhandenen klinischen Prozess
- Gesamtpersonalbedarf in Apotheke und Klinik
- Bereitschaft zur Verschiebung von Personalkapazitäten in die Apotheke
- Geschwindigkeit der Verpackung bzw. Ein- und Auslagerung
- Investitionsvolumen unter Berücksichtigung aller erforderlichen Zusatzgeräte (Kontroll-, Entblistergeräte, Absaugung etc.)
- Umbaukosten
 - Größe der Automaten
 - Reinraumbedingungen erforderlich?
- Notwendige IT-Schnittstellen
- Servicelevel für Wartung und Reparatur
- ...



*„Daten sind das Öl des 21.
Jahrhunderts und
Datenanalyse der
Verbrennungsmotor“*

*Peter Sondergaard, Senior Vice
President, Gartner*

<https://www.cridon.de/sprueche-zitate-digitalisierung/>



- **Personal Automatic Pildispensers**
- **Telemedizin und Telepharmazie**
 - **Smart Devices**
- **Pandemic Preparedness**

Dr. Michael Baehr
Apothekenleiter

Klinikapotheke
Martinistraße 52
20246 Hamburg