



# Socio-Physical Interaction Skills for Cooperative Human-Robot Systems in Agile Production

3D simulation and design of cobot use cases  
in the SOPHIA project

*Lars Fritzsche & Michael Spitzhirn*

GfA Autumn Conference, Leipzig, 22.09.2022



H2020-ICT2019-2  
(GA 871237)



ISTITUTO  
ITALIANO DI  
TECNOLOGIA



VRIJE  
UNIVERSITEIT  
BRUSSEL

**INAIL**

ISTITUTO NAZIONALE PER L'ASSICURAZIONE  
CONTRO GLI INFORTUNI SUL LAVORO



UNIVERSITY OF TWENTE.

**b a u a :**  
Bundesanstalt für Arbeitsschutz  
und Arbeitsmedizin



**imke** ERGONOMICS



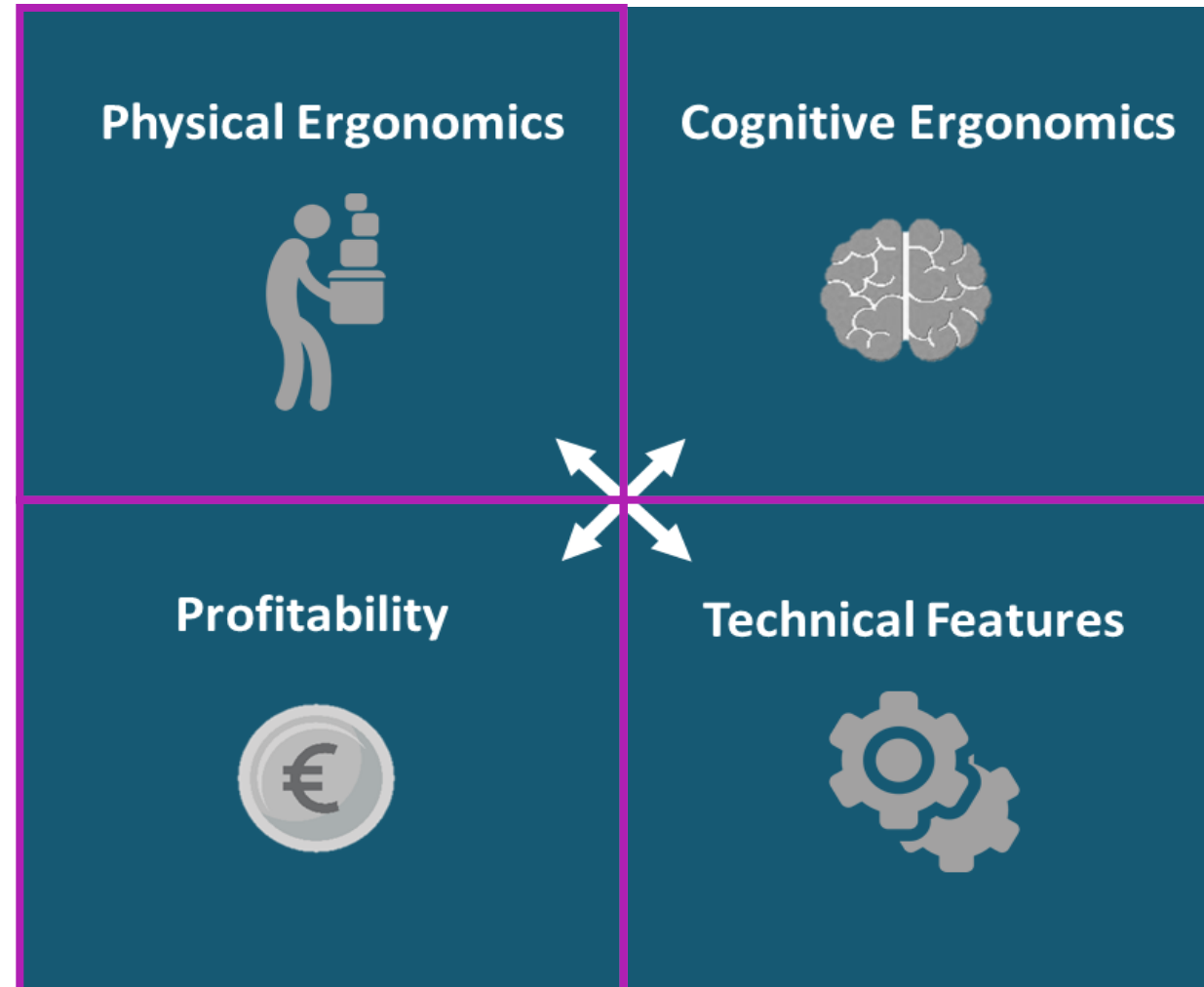
**HANKAMP GEARS**  
*Al meer dan 100 jaar in beweging*

# SOPHIA Holistic Approach for Introducing HRI Work Systems

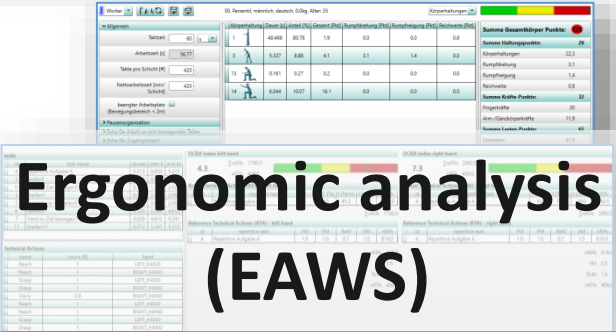
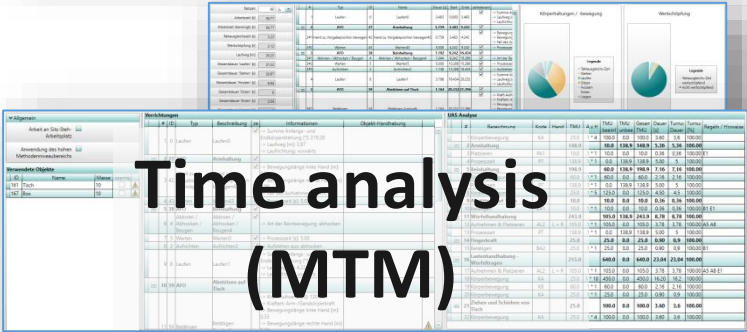
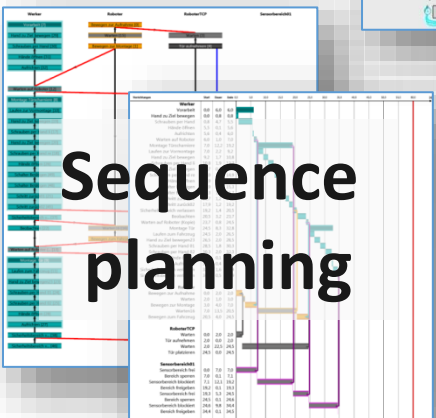
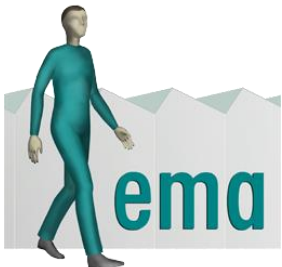
SOPHIA intro:



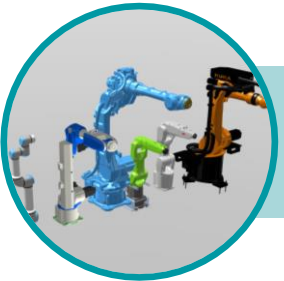
[www.youtube.com/watch?v=R34jB7yHNfs](https://www.youtube.com/watch?v=R34jB7yHNfs)



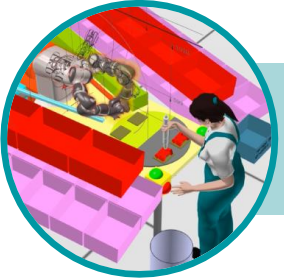
# ema Work Designer



# ema Work Designer for planning human-robot-interaction



Around 100 robots and many more equipment & fitment elements included in emaWD library



Potential assessment considering optimal task allocation between human worker & robot (incl. ergonomic evaluation and productivity calculation)



Simulation of sensor reaction and visualization of risk zones according to DIN EN ISO 13851

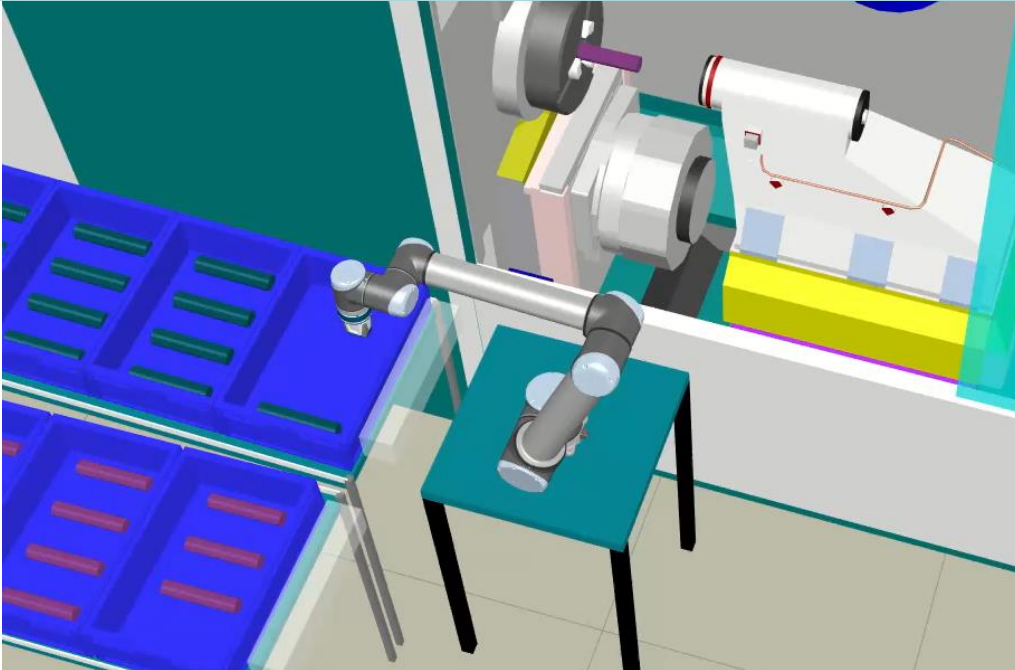


Risk assessment according to ISO/TS 15066 (velocity & impact/collision)



# ema Work Designer for planning human-robot-interaction

Simulation of robotic system...



...and interaction with manual work process

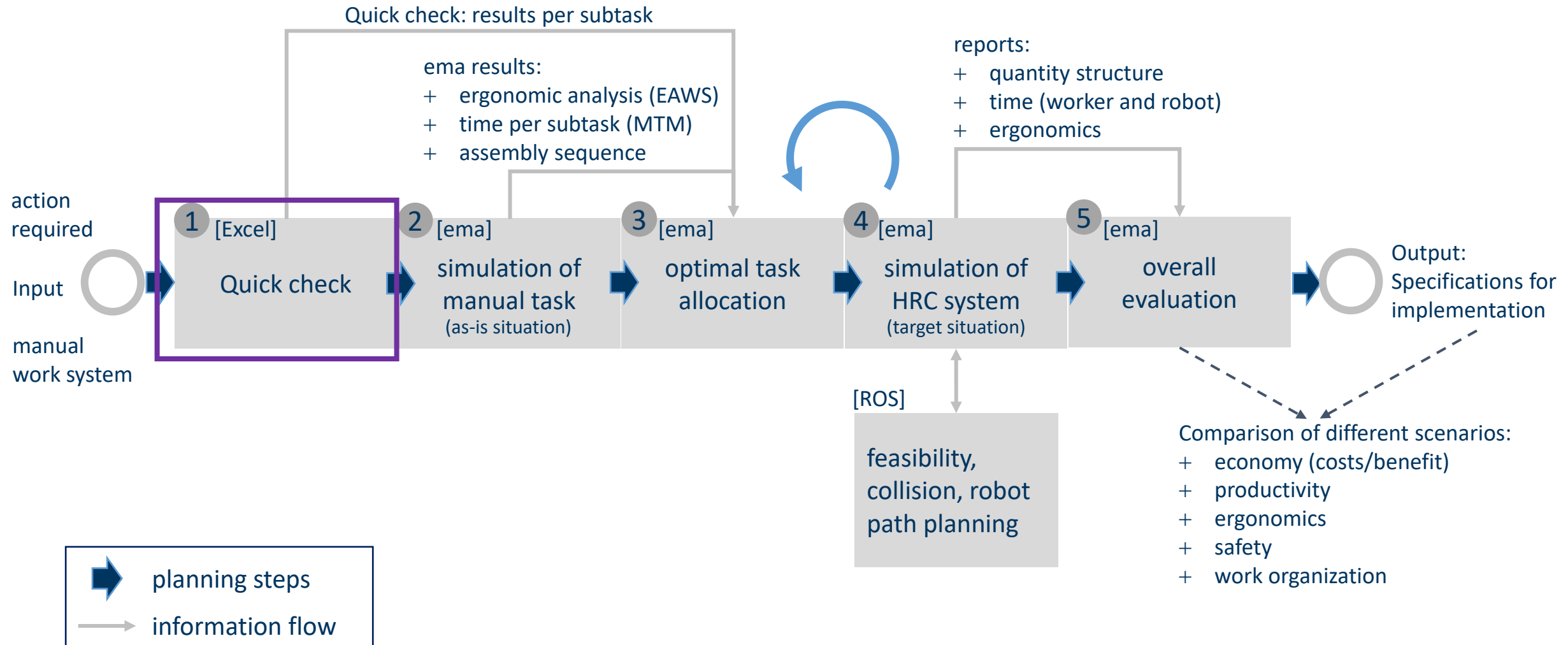


Specific ema-robot-tasks enable realistic visualization & synchronization of human-robot-simulation



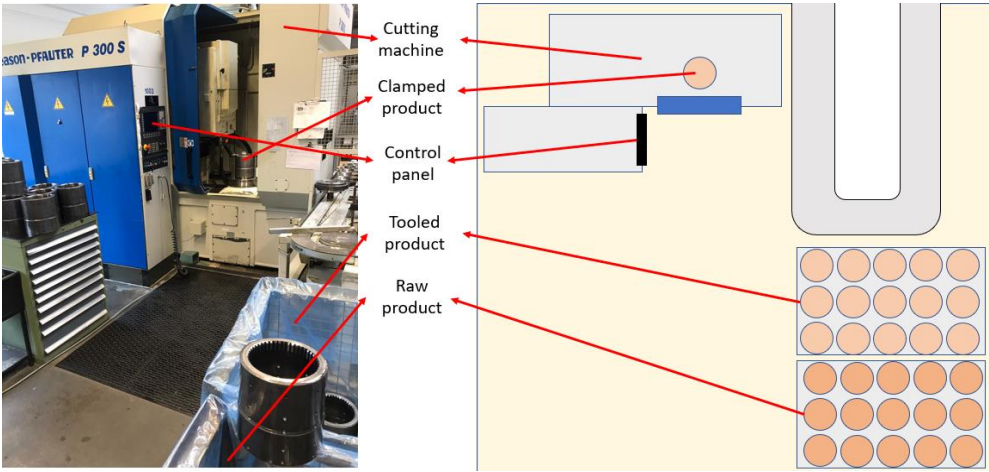
Import of motion scripts (\*.csv) & realistic object-kinematics using an universal robot controller

# General Approach: Simulation-supported planning process\*



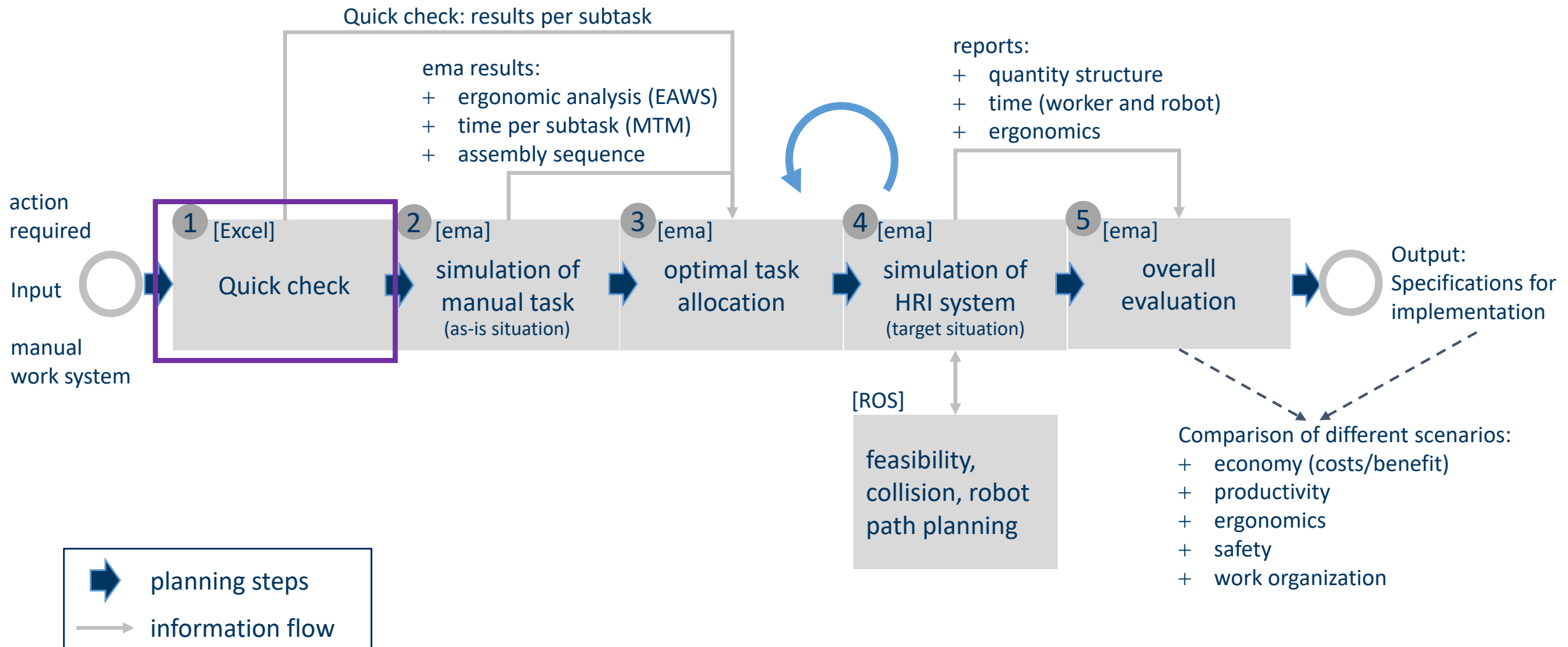
\* Developed in „KoMPI: Verrichtungs-basierte, digitale Planung kollaborativer Montagesysteme und Integration in variable Produktionsszenarien“, <https://kompi.org/>

# SOPHIA Use Case 1: Handkamp Gears (NL)

General Use Case Description	
Provide a brief description of the use case:	The manufacturing process of cutting off gears, including (un)fixture, transporting and cleaning of relevant products.
Provide a brief description of the sub-tasks (if applicable):	Fixture, transporting, cleaning, open/close gear cutting machine, measuring product, "wash" away chips.
Sketch/picture of the layout of the use case	
What could be the main contribution of SOPHIA?	The development of a relative cheap and flexible integrated CoBot whose contribution aims at improving ergonomics and process automation.



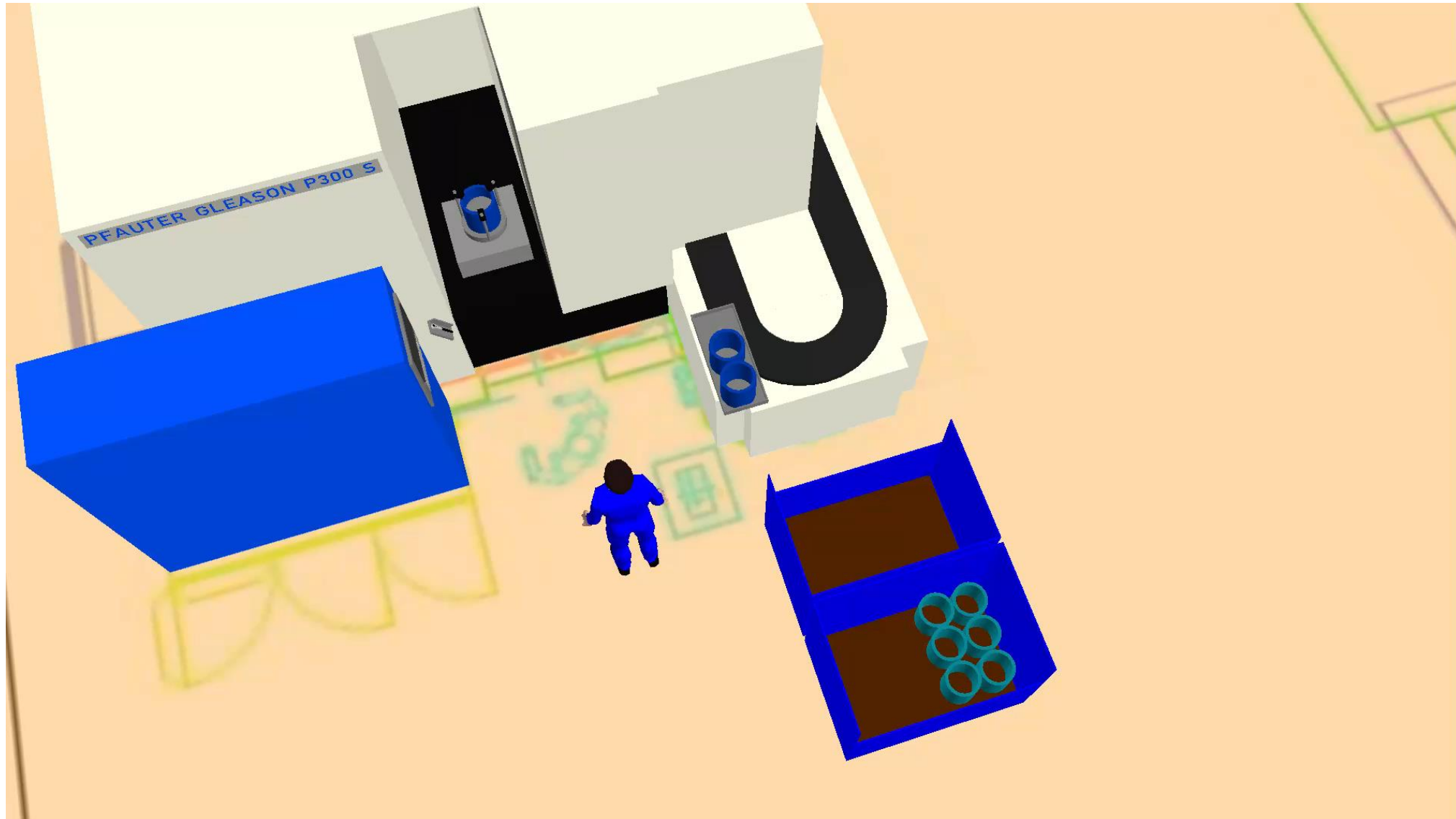
# SOPHIA Use Case 1: Simulation-supported planning process\*



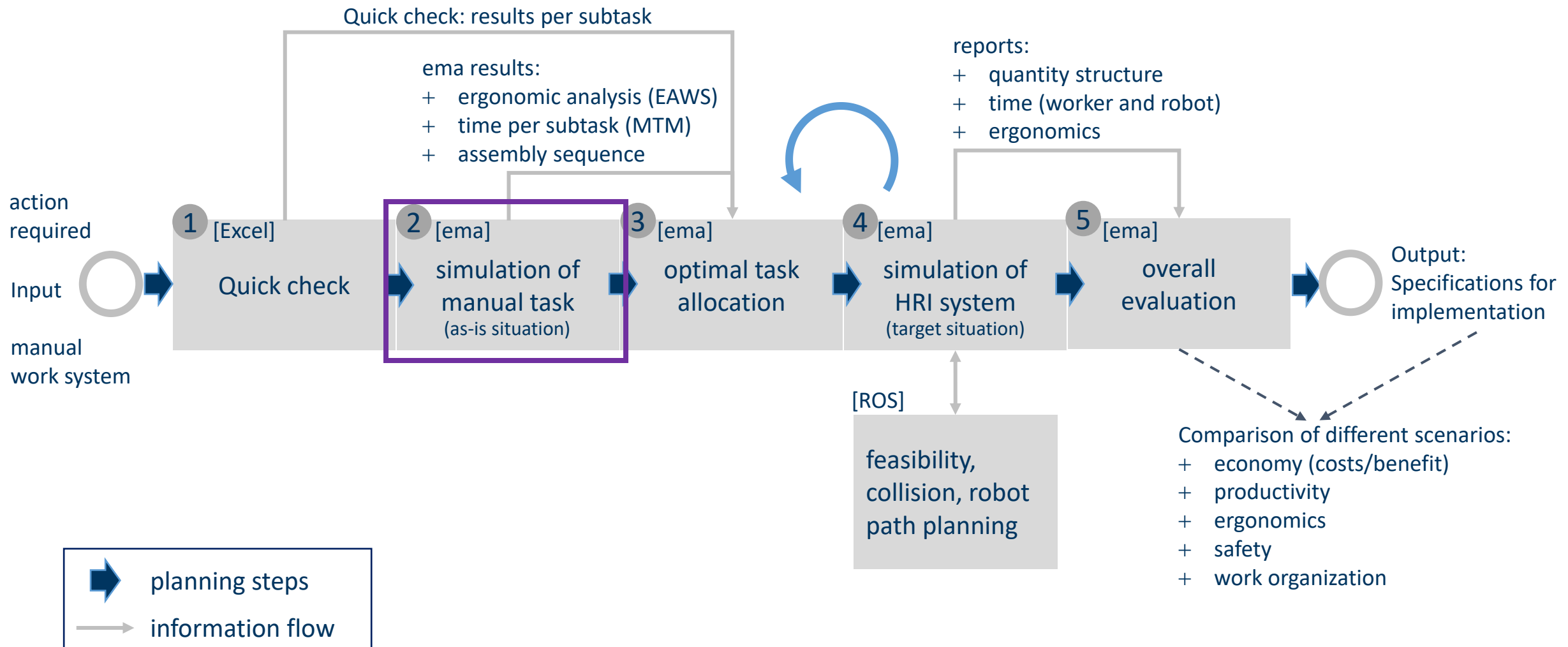
\* Developed in „KoMPI: Verrichtungs-basierte, digitale Planung kollaborativer Montagesysteme und Integration in variable Produktionsszenarien“, <https://kompi.org/>



# SOPHIA Use Case 1: Hankamp – „Old“ manual scenario



# SOPHIA Use Case 1: Simulation-supported planning process\*



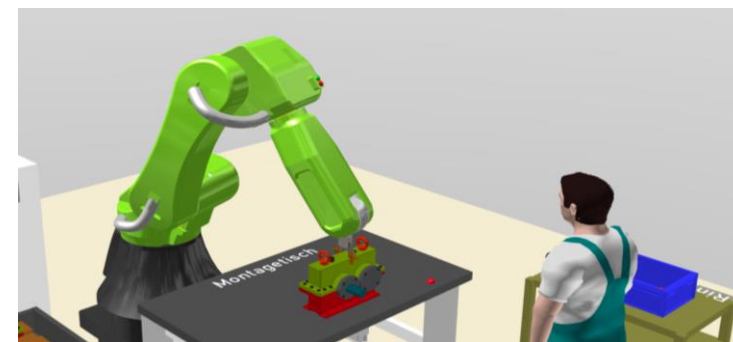
\* Developed in „KoMPI: Verrichtungs-basierte, digitale Planung kollaborativer Montagesysteme und Integration in variable Produktionsszenarien“, <https://kompi.org/>

# Task allocation between human and robot

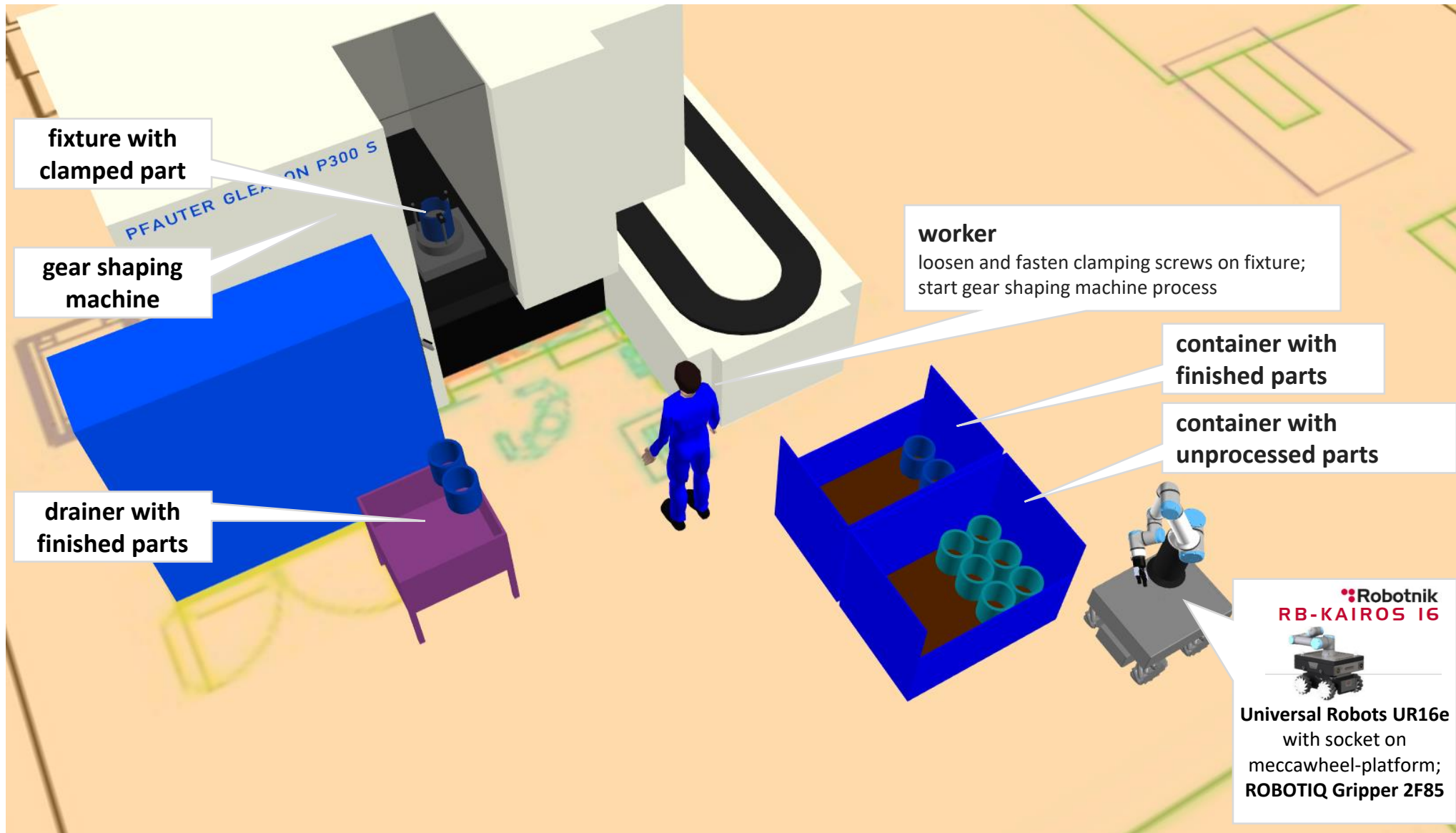
Optimal task allocation based on skills of human and robot:

- 1** results of the Quick Check (implemented in emaWD or manual evaluation in MS Excel)
- 2** ergonomic evaluation and improvement potential per subtask
- 3** time share of the subtask in relation to the overall process

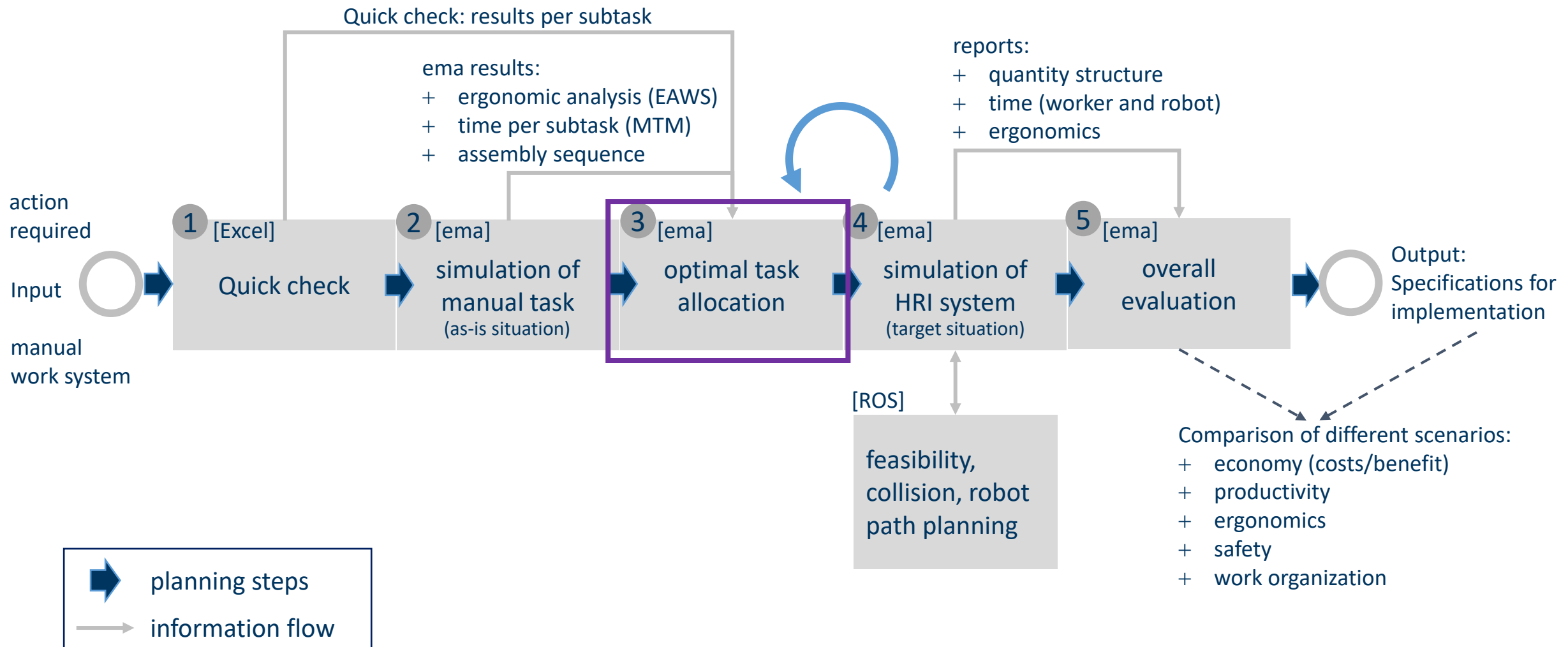
Human-robot collaborative work system		<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Gehäuse Oberteil auf ZSB platzieren und verschrauben (subtask 1)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Oberteil aufnehmen</li> <li>Oberteil auf Unterteil platzieren</li> <li>Oberteil 1x mit Akkuschauber verschrauben</li> </ul> </li> <li>Ringschrauben auf Gehäuse Oberteil platzieren und händig (subtask 2)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Ringschrauben aufnehmen</li> <li>Ringschrauben auf Oberteil platzieren</li> <li>1. Ringschraube per Hand verschrauben</li> <li>2. Ringschraube per Hand verschrauben</li> </ul> </li> <li>fertig montiertes Gehäuse auf Stapellift absetzen (subtask 3)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Gehäuse aufnehmen</li> <li>Gehäuse auf Stapellift platzieren</li> <li>zum Start gehen</li> </ul> </li> </ul>		12,3s	30,02% (23,7pt)	77,27%
		15,4s	0,76% (0,6pt)	61,36%
		7,8s	69,22% (54,5pt)	84,09%



# SOPHIA Use Case 1: Hankamp – Layout CoBot scenario



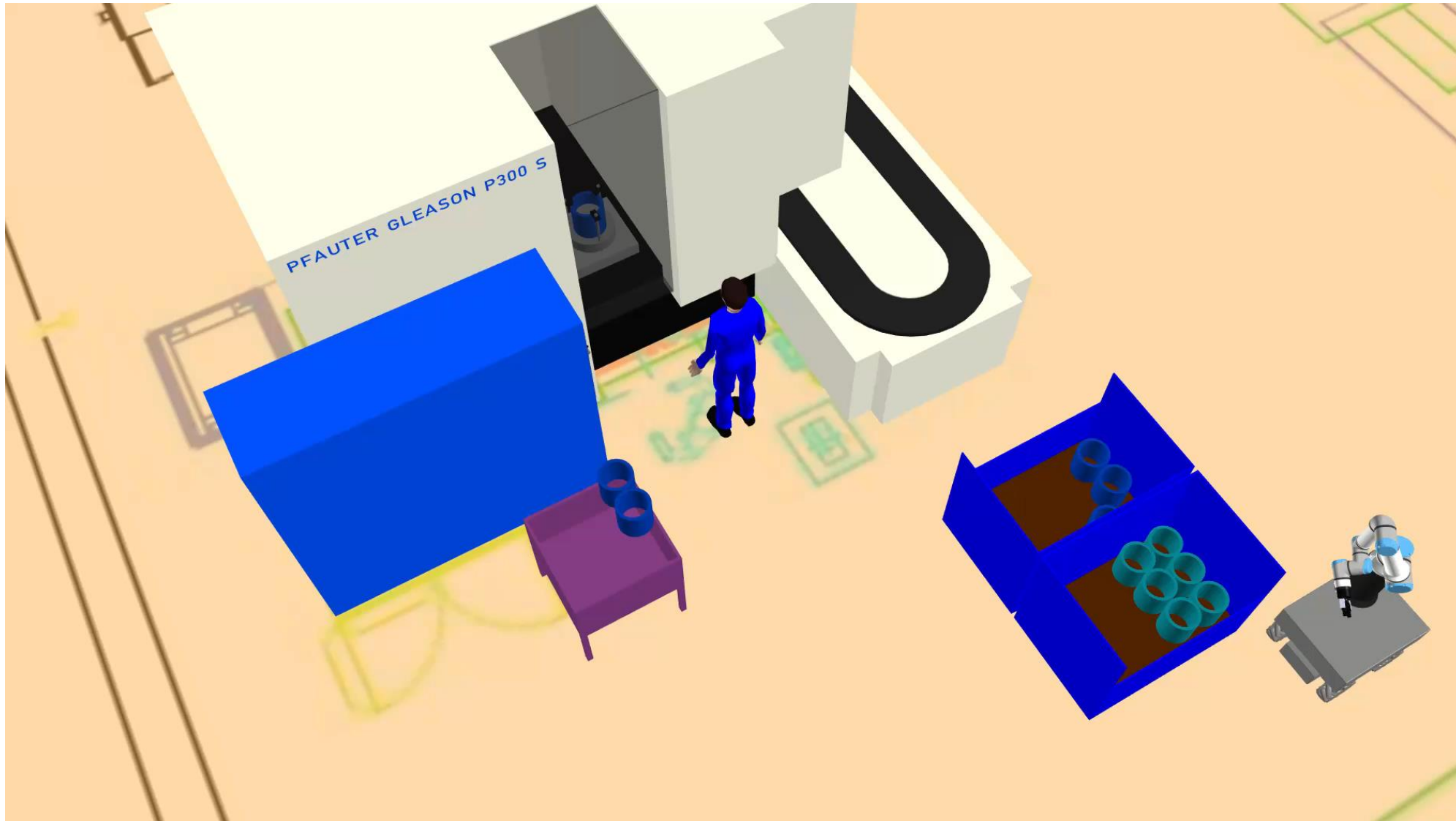
# SOPHIA Use Case 1: Simulation-supported planning process\*



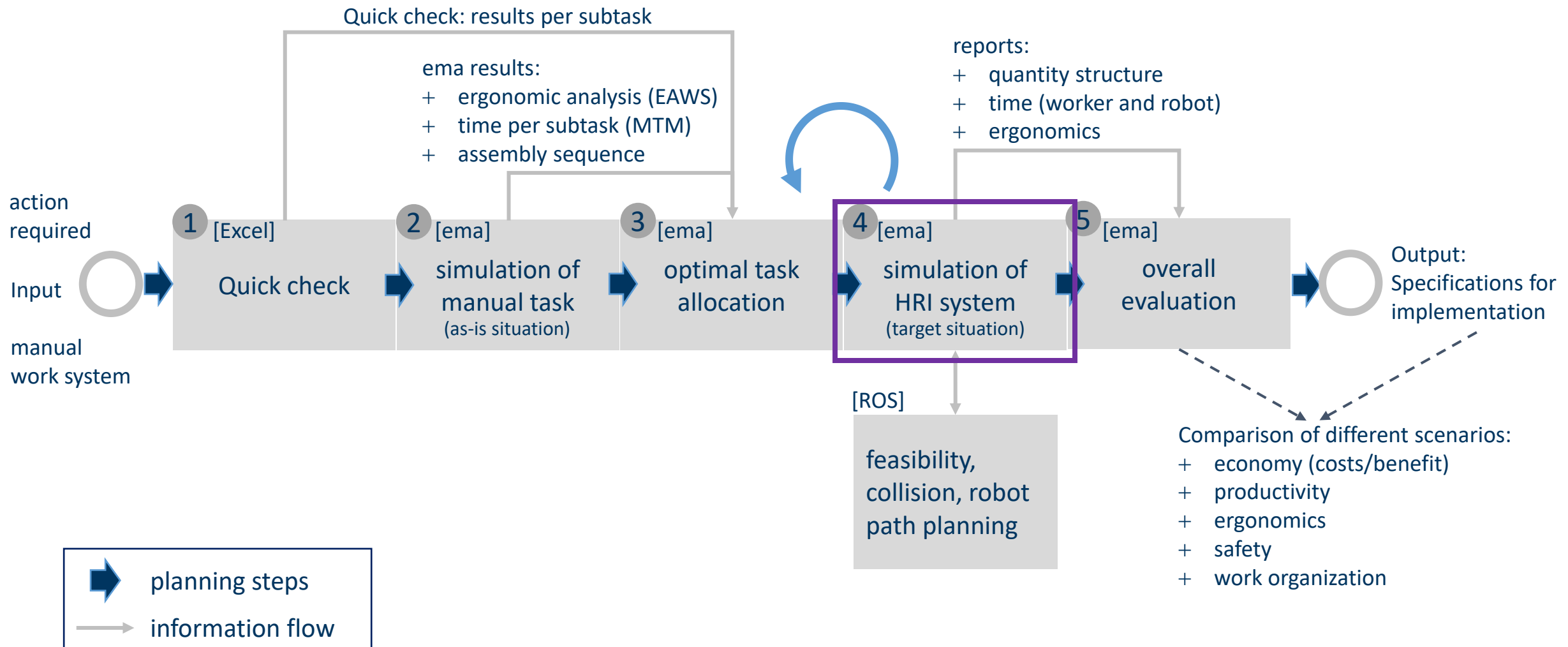
\* Developed in „KoMPI: Verrichtungs-basierte, digitale Planung kollaborativer Montagesysteme und Integration in variable Produktionsszenarien“, <https://kompi.org/>



# SOPHIA Use Case 1: Hankamp – Video CoBot scenario



# SOPHIA Use Case 1: Simulation-supported planning process\*



\* Developed in „KoMPI: Verrichtungs-basierte, digitale Planung kollaborativer Montagesysteme und Integration in variable Produktionsszenarien“, <https://kompi.org/>

# SOPHIA Use Case 1: Hankamp Performance Assessment

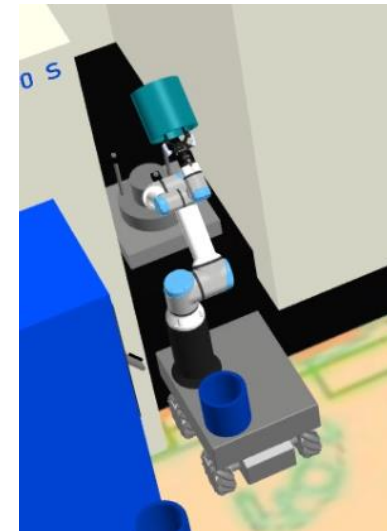
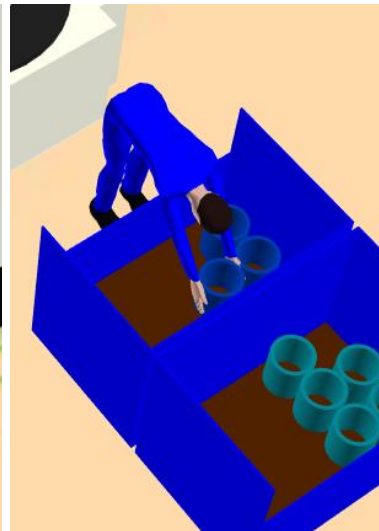
Simulation KPIs	Before – manual task	After – semiautomatic task	Improvement
Cycle time	180 s	180 s	-
Active worker time MTM	65 s	44 s	-32%
Ergonomic score EAWS	53,0 Pts.	21,5 Pts.	-59%
Walkpath per cycle	23 m	4 m	-83%
Walkpath per shift (8 hrs.)	3.373 m	588 m	-83%
Available time for other tasks	115 s	136 s	+18%

## SOPHIA CoBot improves worker ergonomics and productivity by:

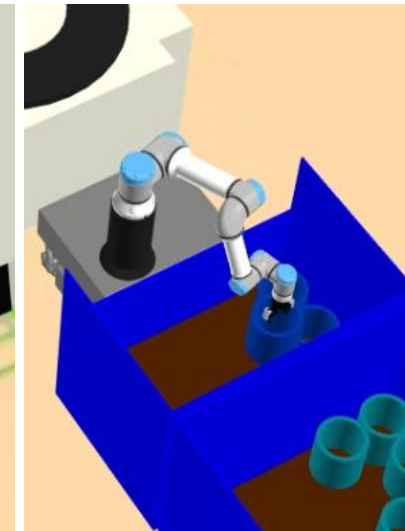
- Handling of heavy parts and conducting repetitive tasks
- Avoiding deep bending and working over shoulder
- Reducing walkways
- Using available waiting time for operating 2<sup>nd</sup> machine



Before



After



# SOPHIA Outlook – Next Steps

## @ UC 1 – Hankamp Gears (SME, Enschede, Netherlands):

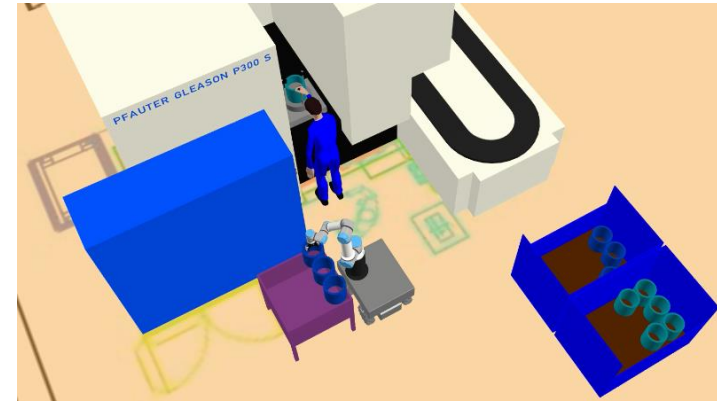
- Use case analysis completed ✓
- CoBot equipment available ✓
- Pilot tests ongoing

## @ UC 2 – Hidria (Supplier, Jesenice, Slovenia):

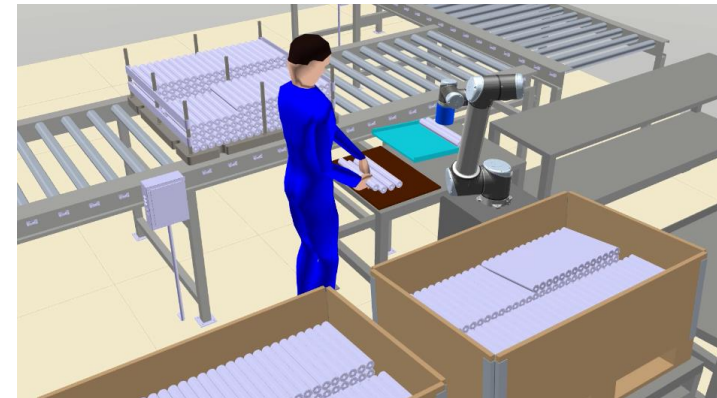
- 1<sup>st</sup> use case analysis completed ✓
- Preparing for further pilot tests
- Waiting for management approval

## @ UC 3 – Volkswagen (OEM, Zwickau, Germany):

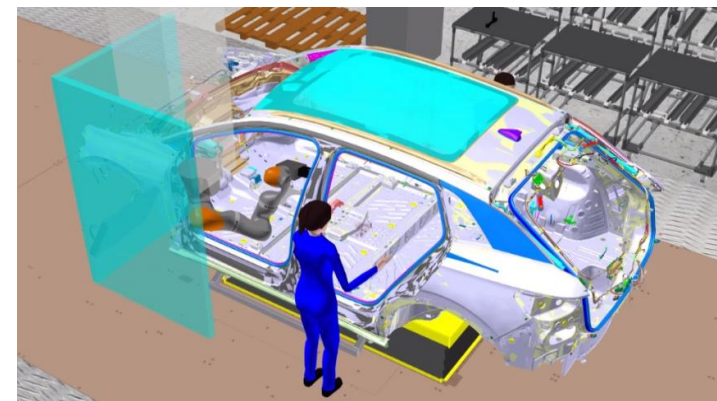
- 1<sup>st</sup> use case analysis completed ✓
- CoBot equipment commissioned and in use ✓
- 2<sup>nd</sup> use case analysis completed ✓
- Partners are preparing for implementation



YouTube  
<https://youtu.be/H-W0yy7LIA8>



YouTube  
[https://youtu.be/F006tU6eS\\_I](https://youtu.be/F006tU6eS_I)



YouTube  
<https://youtu.be/Wg3TcuqOZDo>



# Socio-Physical Interaction Skills for Cooperative Human-Robot Systems in Agile Production



H2020-ICT2019-2  
(GA 871237)



For more information about SOPHIA project,  
please visit: <https://project-sophia.eu/>



For more information about ema Work Designer software,  
please visit: <https://imk-ema.com/software-suite.html>



## Contact info:

Prof. Dr. Lars Fritzsche

CEO, imk Industrial Intelligence GmbH

Mobile: +49 (0)162 250 03 47

[lars.fritzsche@imk-automotive.de](mailto:lars.fritzsche@imk-automotive.de)





## Simulationspaket „Standard“

Konzeptvisualisierung zur  
Absicherung der Machbarkeit

Simulation & Auswertung eines vorhandenen  
Roboterkonzeptes mit

- Ablaufdarstellung
- Erreichbarkeitsanalysen
- Erstellung 3D-Anlagenlayout
- Taktzeitdiagramm in Excel
- Dokumentation in Video & Bildern

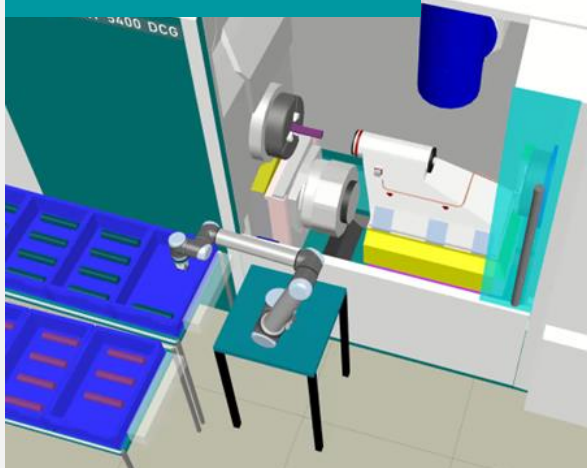
## Simulationspaket „Erweitert“

Weiterführende Betrachtung von technischen &  
ergonomischen Parametern

Erweiterte Analyse der Konzepte je nach Zielstellung:

- Auswahl & Gestaltung Greifer
- Erarbeitung von Materialanstellungskonzepten
- Betrachtung von Sicherheitskonzepten  
(Sensorsimulation, Risikobetrachtung, Abstände)
- Variantenvergleich (z.B. Zeit, Flächenbedarf)
- Zeit- & Ergonomieanalysen für Werkerprozesse

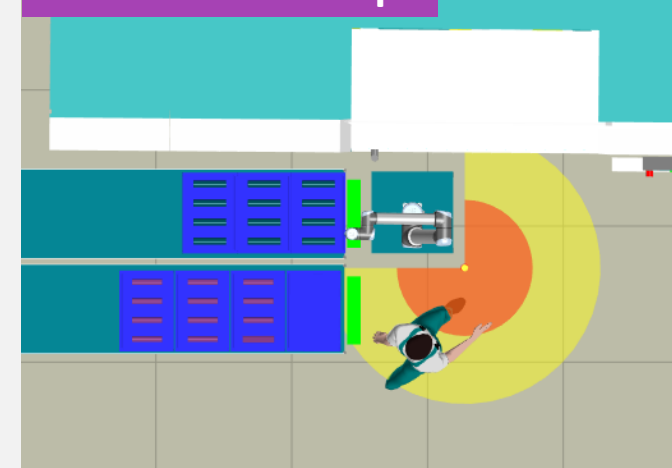
### Ablaufsimulation



### Greiferauswahl



### Sicherheitskonzept





## Konzeptvisualisierung zur Absicherung der Machbarkeit

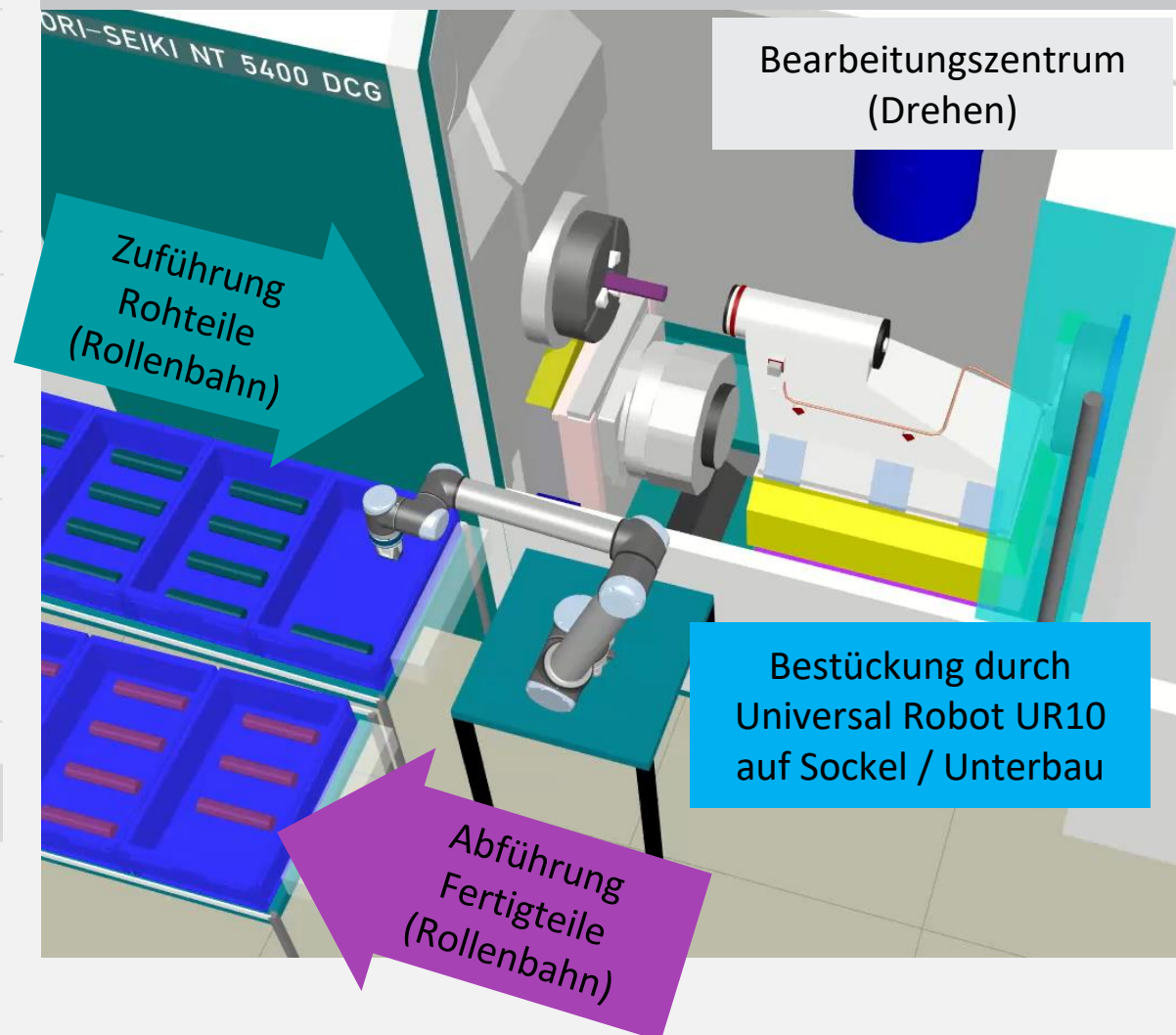
<b>Erforderliche Eingangsdaten</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Konzeptlayout (Materialbereitstellung, Greifer)</li><li>- Ablaufkonzept</li><li>- Prozess- bzw. Planzeiten für Förder-/ Anlagentechnik &amp; Bauteilbearbeitung</li><li>- 3D-Produktdaten (CAD, z.B. im STEP o. JT-Format)</li></ul>
------------------------------------	--

<b>Optionale Eingangsdaten</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- 3D-Layout</li><li>- 3D-Anlagen &amp; Produktdaten (Förder- &amp; Anlagentechnik, Bauhülle)</li><li>- detaillierte Prozessinformationen</li></ul>
--------------------------------	--

<b>Simulationsergebnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ablaufdarstellung Roboterkonzept</li><li>- Erreichbarkeitsanalyse</li><li>- 3D-Anlagenlayout</li><li>- Taktzeitdiagramm (Excel)</li><li>- Dokumentation (Video, Bilder)</li></ul>
------------------------------	---

<b>Aufwand</b>	<b><u>ca. 2-3 Arbeitstage</u></b>
----------------	-----------------------------------

## Beispielergebnis Paket „Standard“: Maschinenbestückung mit Universal Robot UR10





### Zusätzliche Betrachtung von technischen, zeitwirtschaftlichen & ergonomischen Parametern

<b>Erforderliche Eingangsdaten</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Konzeptlayout</li><li>- Ablaufkonzept</li><li>- Prozess- bzw. Planzeiten für Förder-/Anlagentechnik &amp; Bauteilbearbeitung</li><li>- 3D-Produktdaten (CAD, z.B. im STEP o. JT-Format)</li></ul>
------------------------------------	---

<b>Optionale Eingangsdaten</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- 3D-Layout</li><li>- 3D-Anlagen &amp; Produktdaten (Förder- &amp; Anlagentechnik, Bauhülle)</li><li>- detaillierte Prozessinformationen</li></ul>
--------------------------------	--

<b>Simulationsergebnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Ablaufdarstellung Roboterkonzept</li><li>- Erreichbarkeitsanalyse</li><li>- 3D-Anlagenlayout</li><li>- Taktzeitdiagramm (Excel)</li><li>- Dokumentation (Video, Bilder)</li></ul>
------------------------------	---

<b>Zusätzliche Ergebnisse je nach Zielstellung:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Greiferkonzept</li><li>- Materialbereitstellkonzept</li><li>- Erweitertes Sicherheitskonzept (Sensorsimulation, Risikobetrachtung, Abstände etc.)</li><li>- Variantenvergleich</li><li>- Zeit- &amp; Ergonomieanalysen</li></ul>
---	--

<b>Aufwand</b>	<b><u>ca. 5-6 Arbeitstage</u></b>
----------------	-----------------------------------

### Beispielergebnis Paket „Erweitert“: Maschinenbestückung mit Universal Robot UR10

