

## Best Practices Fabrikplanung

Planung und Aufbau einer Getriebefabrik in Dresden



Dr. Andreas Merchiers, Eickhoff Antriebstechnik GmbH

Aachen, 15. Juni 2010

- 1 Vorstellung der Eickhoff-Gruppe
- 2 Konzeption, Planung und Aufbau einer Getriebefabrik
- 3 Lessons Learned

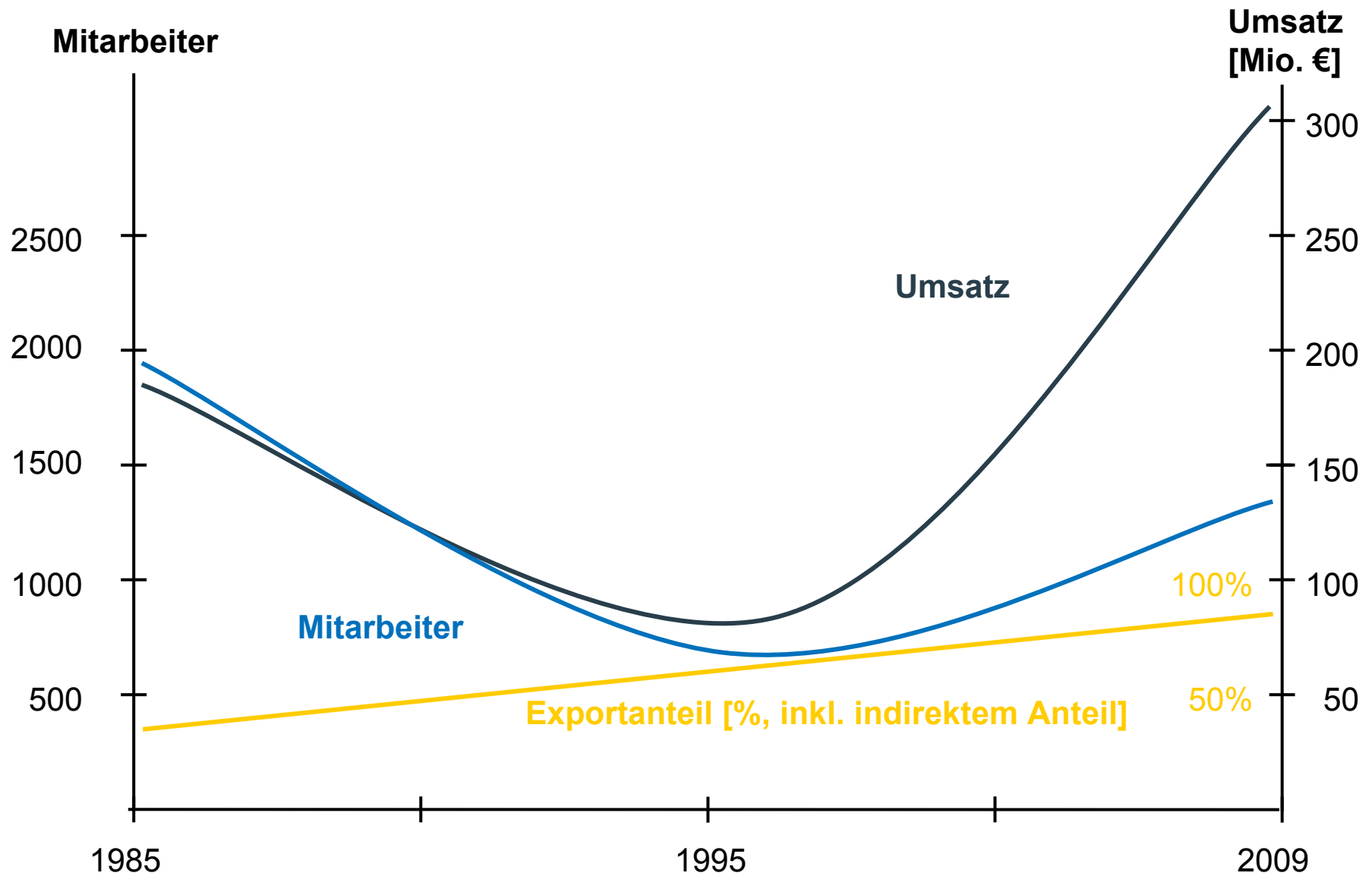
- 1 Vorstellung der Eickhoff-Gruppe
- 2 Konzeption, Planung und Aufbau einer Getriebefabrik
- 3 Lessons Learned

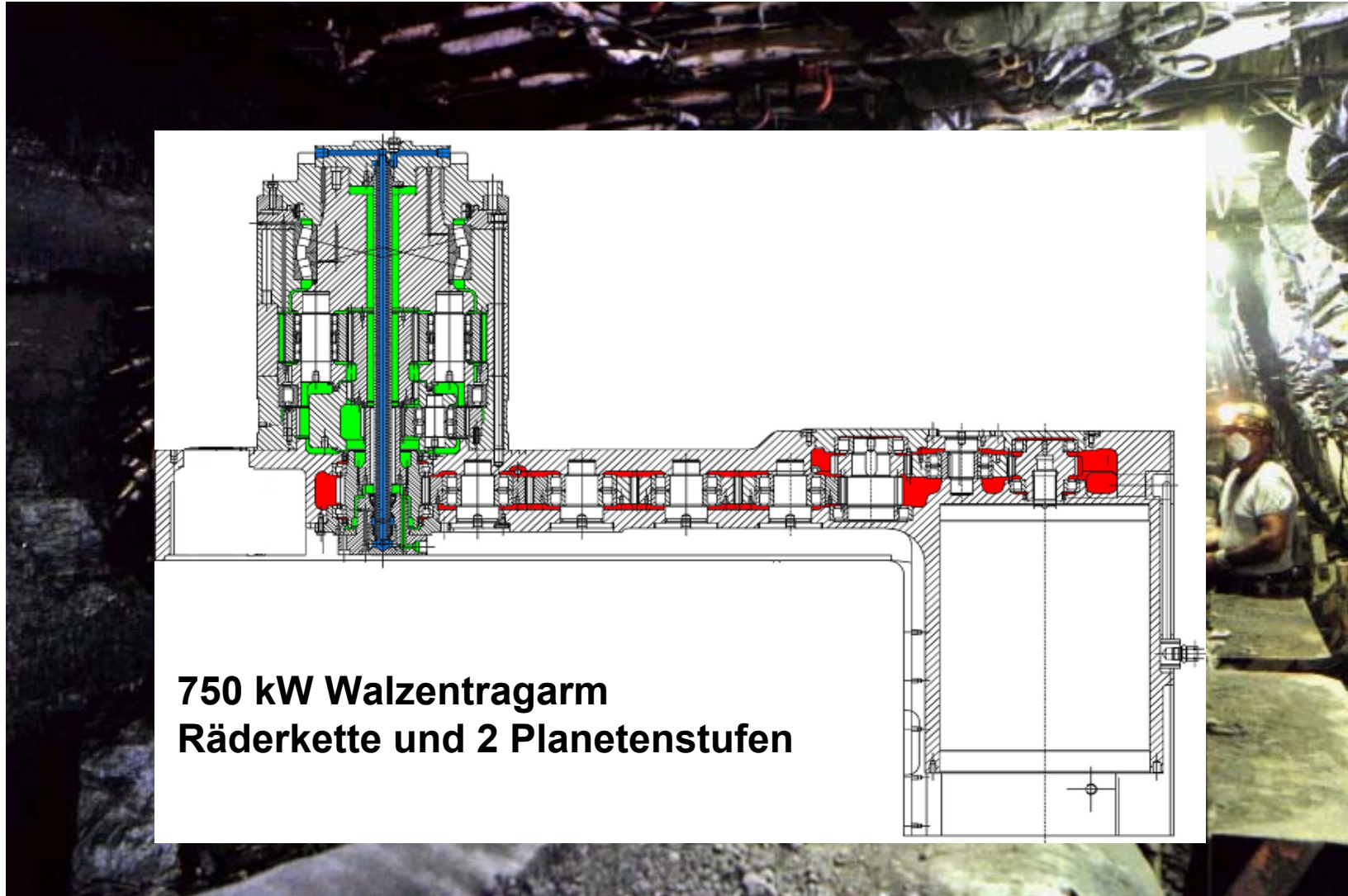
# Die Eickhoff-Gruppe

- Familienunternehmen gegründet 1864
- Seit 5 Generationen im Familienbesitz
- Firmensitz in Bochum (Deutschland)
- Über 1000 Mitarbeiter weltweit
- Jahresumsatz (2009): 300 Mio €
- Tochtergesellschaften und Vertretungen in:
  - Australien
  - China
  - Großbritannien
  - Polen
  - Russland
  - Südafrika
  - USA



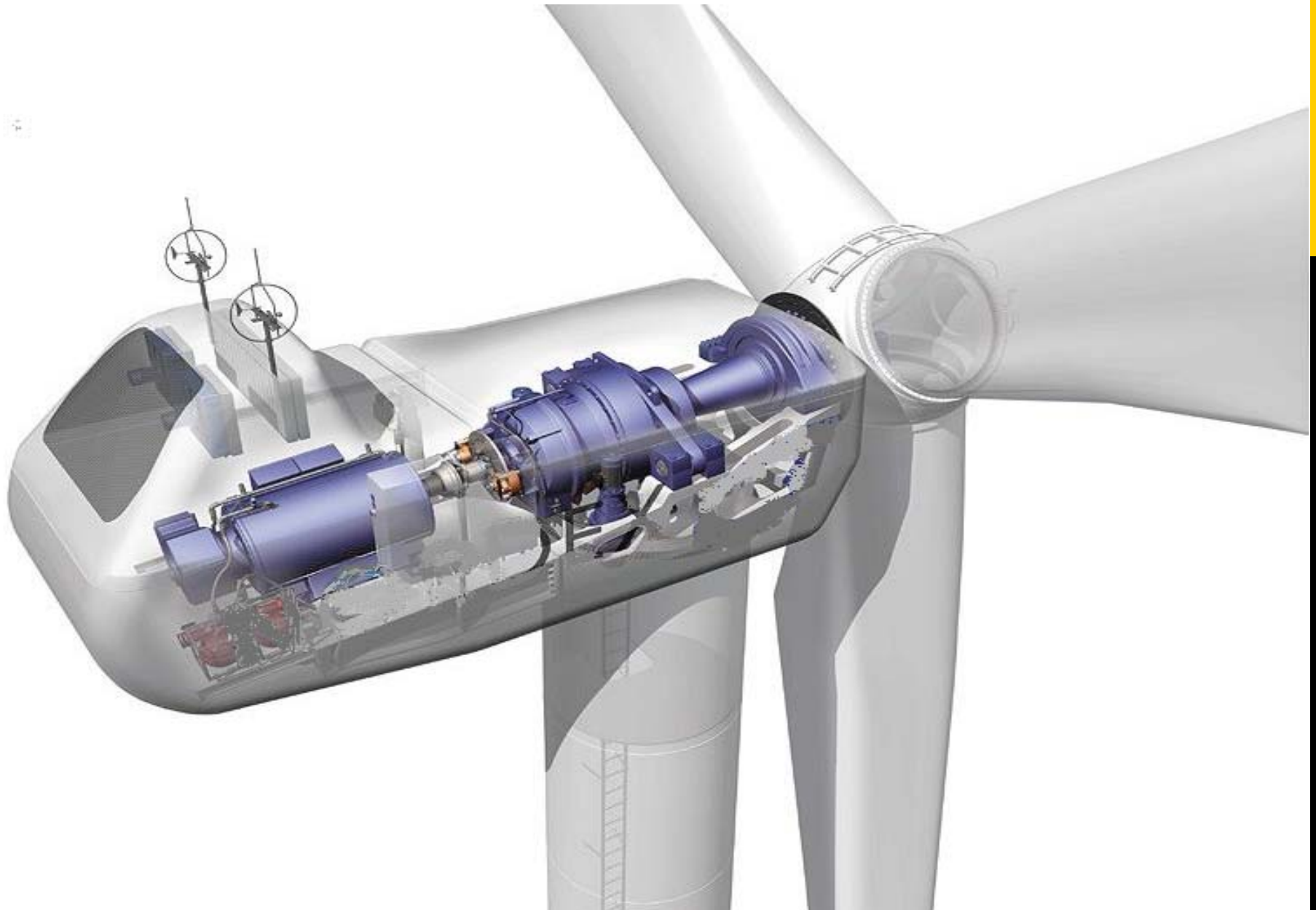
# Die Eickhoff-Gruppe





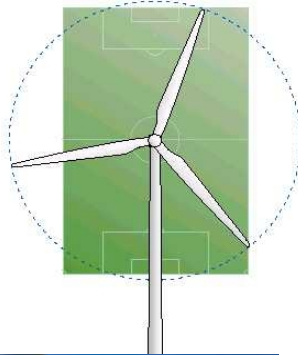
**750 kW Walzentragarm  
Räderkette und 2 Planetenstufen**

# Getriebe für Windenergieanlage



# Anwendungen

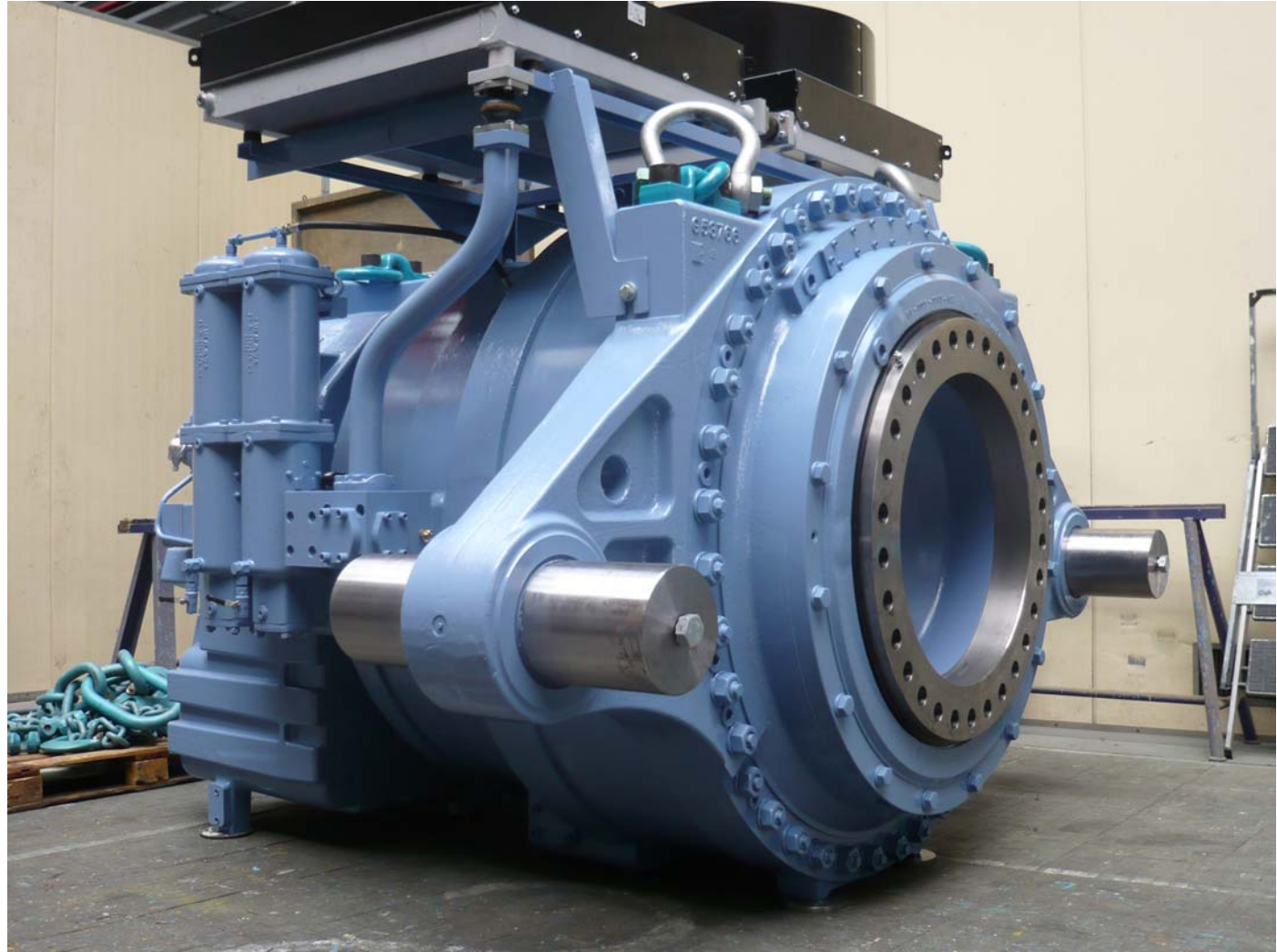
**Arklow Windpark**  
**Irische See**  
**7 \* 3,6 MW**





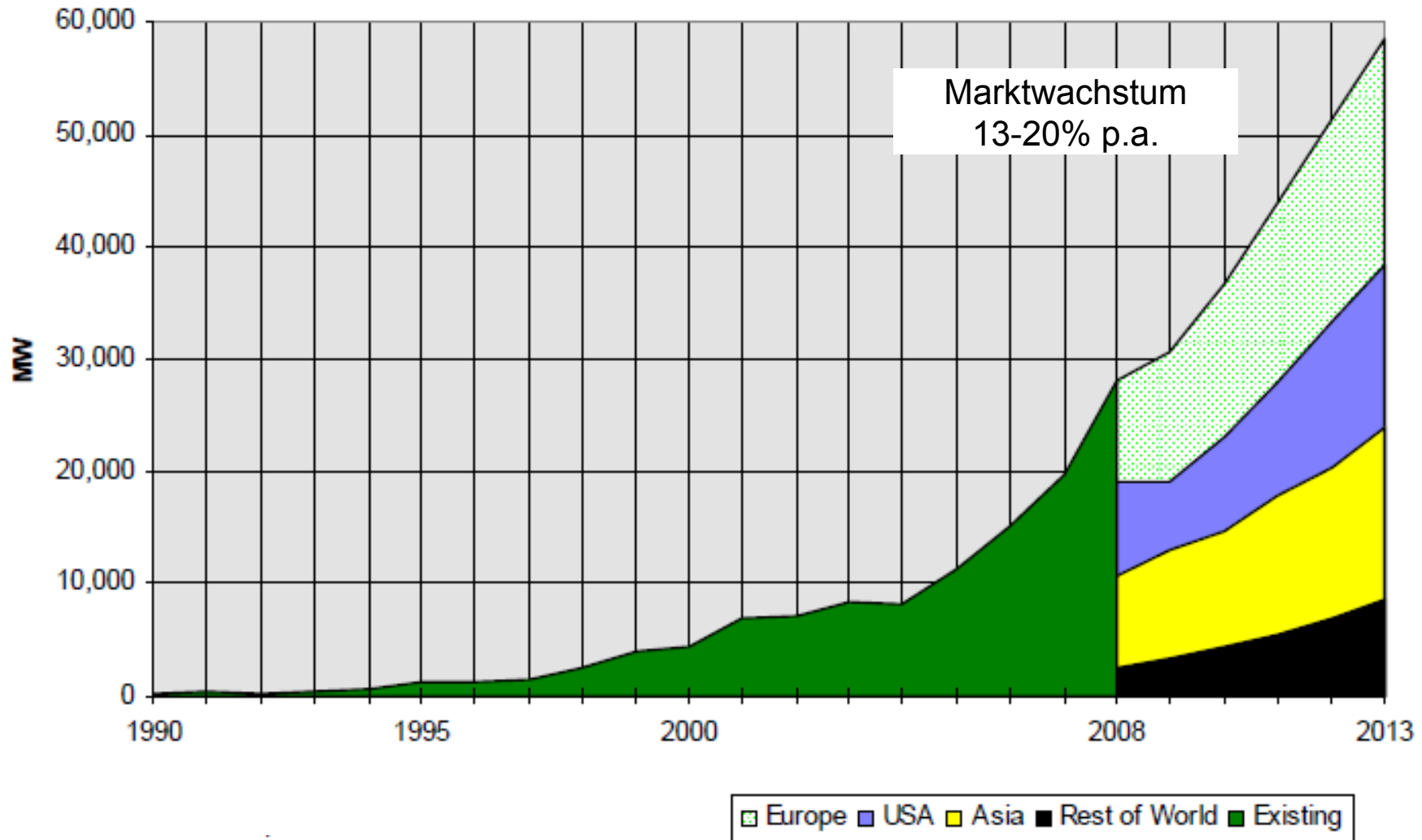
# Getriebe für Windenergieanlage

- Leistung: 3.300 kW
- Drehmoment: 2.525 kNm
- Gewicht: 28,7 Tonnen



# Entwicklung der Windkraft

**Annual Wind Power Development**  
Actual 1990-2008 & Forecast 2009-2013



Quelle: BTM Consult ApS, 2009.

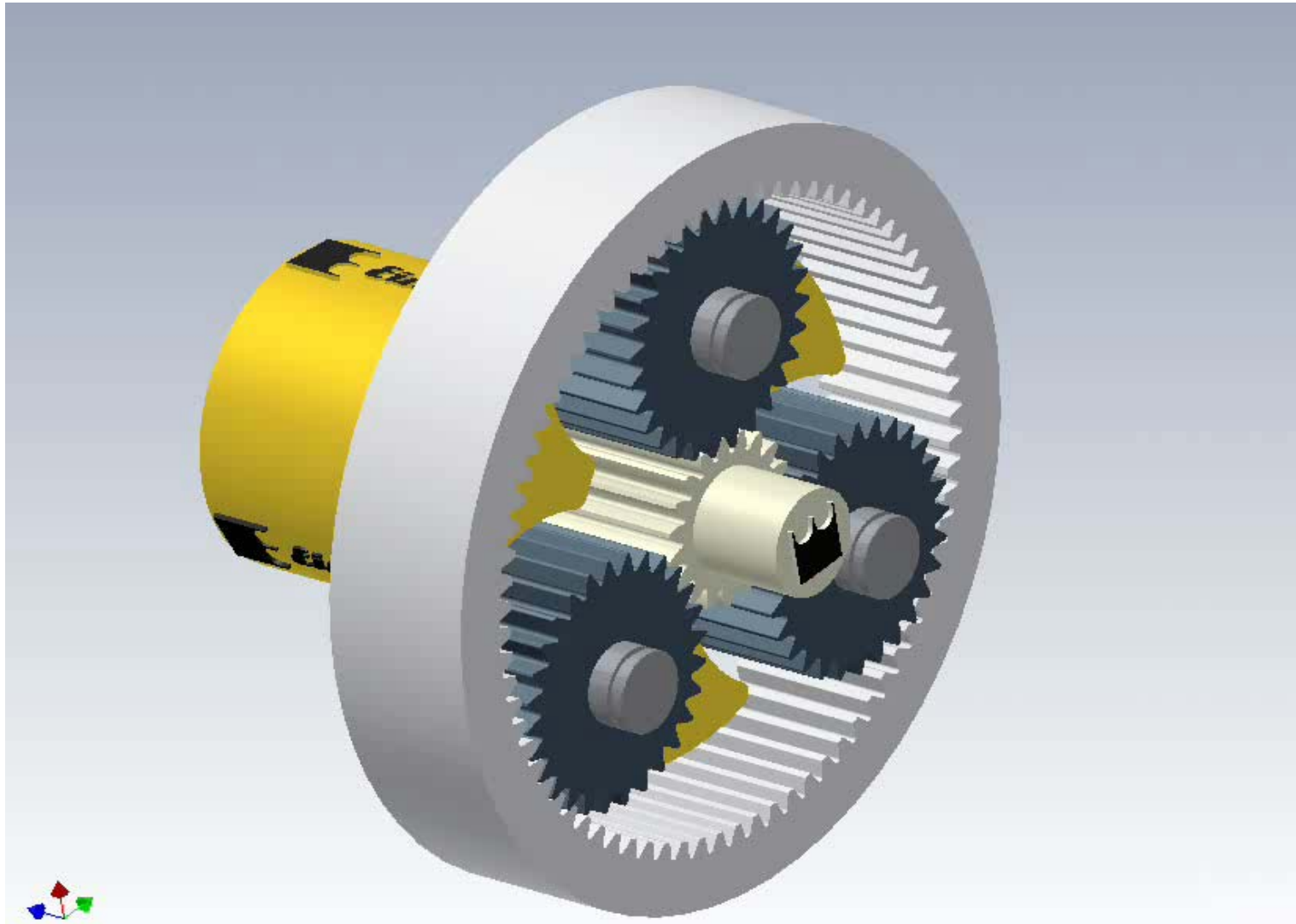
# Standort Bochum



**Die Kapazitäten am Standort Bochum sind begrenzt.**

- 1 Vorstellung der Eickhoff-Gruppe
- 2 Konzeption, Planung und Aufbau einer Getriebefabrik
- 3 Lessons Learned

# Funktion eines Planetengetriebes



# Bewertungsmodell für die Modulgrößen

Positiver Wert = Unterdeckung, d.h. an der Maschine bzw. Maschinengruppe sind noch Kapazitäten frei. (hier: 1488 Std.)

800 Getriebe

	Anzahl Maschinen	Invest [€]	Über-/Unterdeckung [h]	Über-/Unterdeckung [€]	Anzahl MA
Vordrehen					
Drehen Plan					
Hartdrehen	2	1.700.000	1.488	313.758	7
Maßdrehen	1	300.000	2.296	170.805	2
Bohren auf BAZ	1	500.000	3.495	433.352	1
Radialbohren					
Zentrierschleifen					
Bohrungsschleifen	2	1.600.000	1.790	355.257	7
Außenschleifen	1	400.000	2.725	270.336	2
Verzahnungsfräsen	3	3.000.000	106	26.294	5
Wälzstoßen	1	1.500.000	2.454	912.848	1
Profilschleifen	7	7.700.000	2.096	571.714	17
Gleitschleifen	1	150.000	3.478	129.388	1
Messen (Verzahnung)	1	1.100.000			4
3D-KMG-Messen					
<b>Gesamt</b>		<b>17.950.000</b>	<b>19.927</b>	<b>3.183.752</b>	<b>47</b>

Ungenutztes Investitionskapital

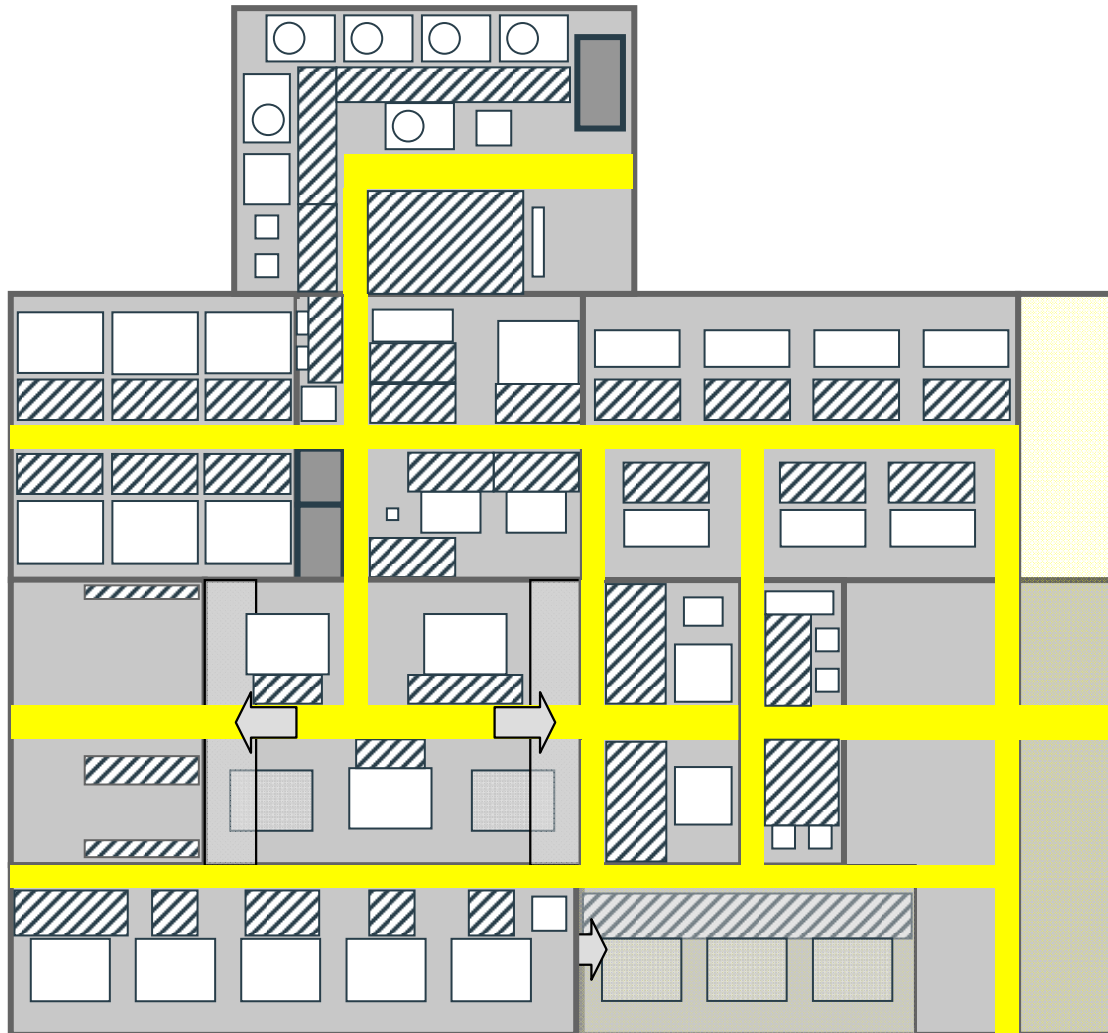
$$\sum \frac{\text{Invest (Maschinengruppe)}}{\text{Anz. Maschinen}} \times \frac{\text{Unterdeckung [h]}}{\text{Max. Auslastung [h]}}$$

Mitarbeiterbedarf

$$\frac{\text{Anz. Maschinen} \times \text{max. Auslastung [h]} - \text{Unterdeckung [h]}}{\text{Jahresarbeitszeit eines Werkers}} \times \text{Mann-Maschine-Faktor}$$

Die Modulauswahl erfolgt auf der Basis der Minimierung nicht genutzter Investitionen und der Zulieferersituation.

# Beispiel Fertigungslayout



# Bewertung der Alternativen

## Erweiterungsmöglichkeiten (Meter offene Fassade)

**Bewertung der Layout-Alternativen Fassadenöffnung bei der Erweiterung**

Alternative 1.1	Alternative 1.2	Alternative 1.3	Alternative 2.2	Alternative 3.1	Alternative 3.2
290* m	150 m	100* m	188 m	216 m	192 m

\* mit Gang zwischen Fertigung und Montage

\* Schaffung von Erweiterungsfächen bereits bei der Erstbebauung (-1300 qm → € 1,3 Mio)

Die Angrenzenden Fassadenflächen bei der Erweiterung unterscheiden sich nur sehr gering. Die einzelnen Szenarien lassen sich über die Mehrkosten der Fassadenöffnung nicht differenzieren.

© WZL/Fraunhofer IPT Seite 31

## Materialfluss

**Bewertung der Materialflüsse für sechs verschiedene Layoutalternativen und neun verschiedene Produkte**

**Materialflussanalyse ohne Erweiterung**

	Alternative 1.1	Alter
Drehstabritzal	573,0 m	49
Planetenrad	556,8 m	44
Stirnrad 1 (U-Nummer)	355,3 m	28
Ritzzeiwelle (U-Nummer)	379,7 m	30
Stirnrad 2 (U-Nummer)	391,8 m	32
Ritzzeiwelle (Hsa)	371,7 m	30
Hohlwelle (W-Nummer)	457,8 m	38
Hohlwelle (U-Nummer)	131,7 m	13
Stirnrad 2 (U-Nummer)	324,9 m	26

Alternative 1.2 hat die besten Materialflüsse

**Materialflussanalyse mit Erweiterung**

	Alternative 1.1	Alternative 1.2	Alternative 1.3	Alternative 2.2	Alternative 3.1	Alternative 3.2
Drehstabritzal	579,0 m	605,0 m	Keine Erweiterungsfächen	790,4 m	658,1 m	668,4 m
Planetenrad	580,6 m	560,4 m	Keine Erweiterungsfächen	669,9 m	640,8 m	609,8 m
Stirnrad 1 (U-Nummer)	394,3 m	385,1 m	Keine Erweiterungsfächen	490,0 m	395,9 m	410,0 m
Ritzzeiwelle (U-Nummer)	477,1 m	469,7 m	Keine Erweiterungsfächen	597,6 m	538,3 m	485,1 m
Ritzzeiwelle (W-Nummer)	392,4 m	332,3 m	Keine Erweiterungsfächen	302,6 m	354,6 m	354,9 m
Ritzzeiwelle (Hsa)	423,0 m	436,8 m	Keine Erweiterungsfächen	439,2 m	507,3 m	461,2 m
Hohlwelle (W-Nummer)	494,0 m	407,7 m	Keine Erweiterungsfächen	435,6 m	480,9 m	449,3 m
Hohlwelle (U-Nummer)	156,2 m	195,7 m	Keine Erweiterungsfächen	260,6 m	187,7 m	238,2 m
Stirnrad 2 (U-Nummer)	379,2 m	330,9 m	Keine Erweiterungsfächen	488,0 m	377,2 m	378,9 m

Alternative 1.2 hat die besten Materialflüsse gefolgt von Alternative 1.1 und Alternative 3.2. Alternative 2.2 hat die schlechtesten Materialflüsse

© WZL/Fraunhofer IPT Seite 34

## Position der Härterei

**Bewertung der Alternativen für die Härterei**

	Härterei direkt an der Fertigung	Härterei in die Fertigung integriert	Härterei von der Fertigung räumlich entfernt
Anlieferung externer Aufträge (über einheitlichen VE)	Bedingt möglich	Über Wareneingang der Fertigung	Sehr gut möglich
Härterei ist autark	In unmittelbarer Nähe zur Fertigung	In die Fertigung integriert	Ja
Enge Anbindung an AV1	ja	Nur über zusätzliche Wareneingänge	Nein (Überschachter Zugang aus Fertigung)
Erweiterbarkeit	Gut möglich	Bedingt möglich	Gut möglich
Anzahl Schnittstellen	Ein Warenein- und -ausgang	Für optimalen Materialfluss mehrere Schnittstellen nötig	Ein Warenein- und -ausgang

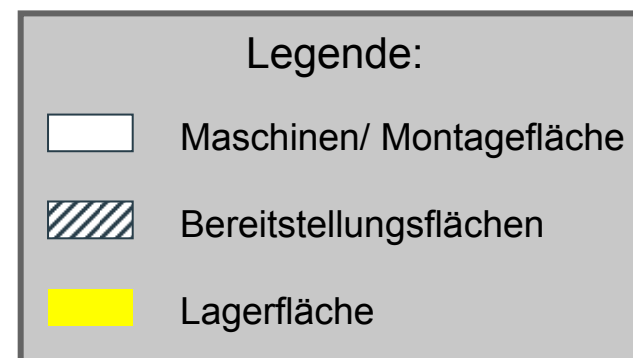
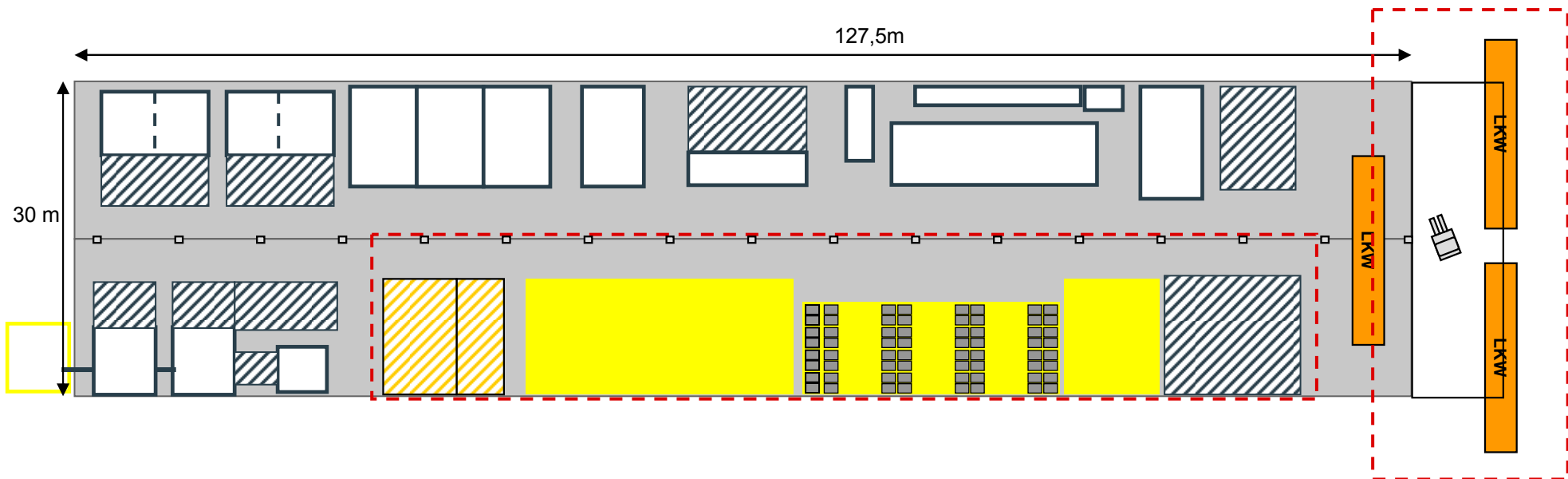
Die Härterei als eigenständiger Bau an der Fertigung ist die beste Alternative. Die Härterei in die Fertigung integriert schneidet bei der Bewertung am schlechtesten ab.

© WZL/Fraunhofer IPT Seite 35

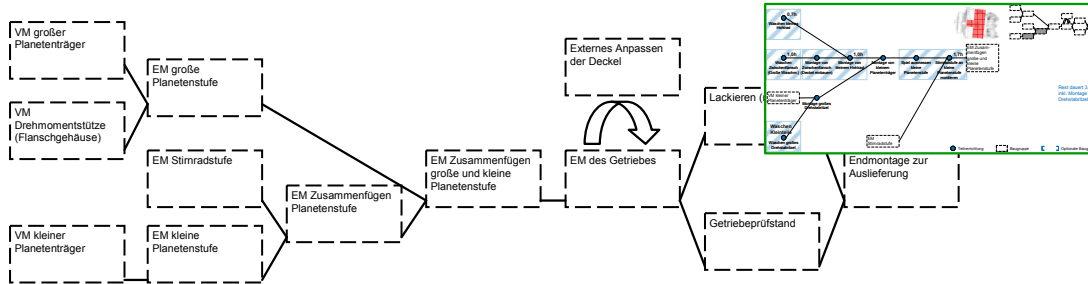
Ein optimaler Materialfluss bei zugleich guter Erweiterbarkeit und einer guten Anbindung der Härterei waren ausschlaggebend für die Wahl des Layouts.



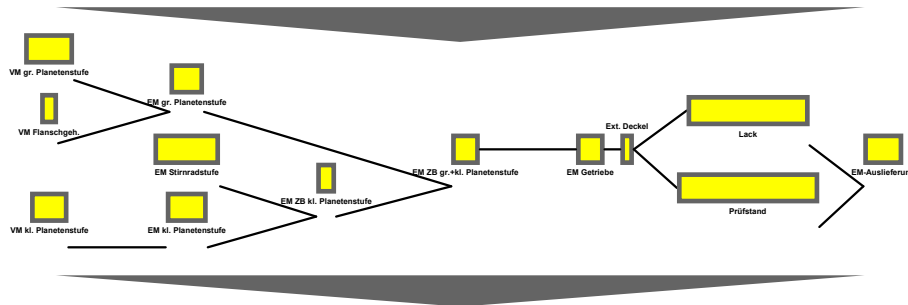
# Beispiel Montagelayout



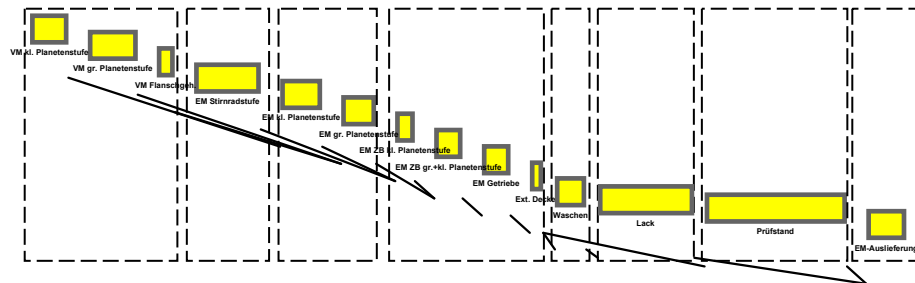
# Zeitliche Betrachtung der Montagefolgen



Untersuchung der Struktur der Montagereihenfolgebeziehungen



Erhebung der Montagezeiten für die einzelnen Montageabschnitte



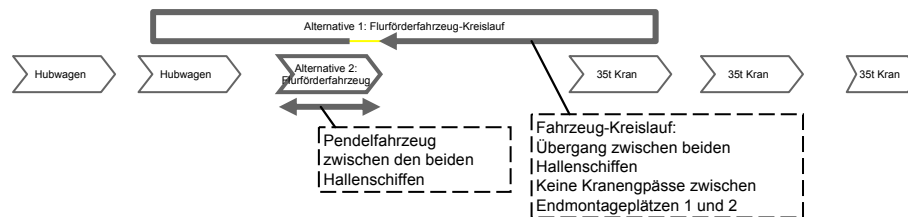
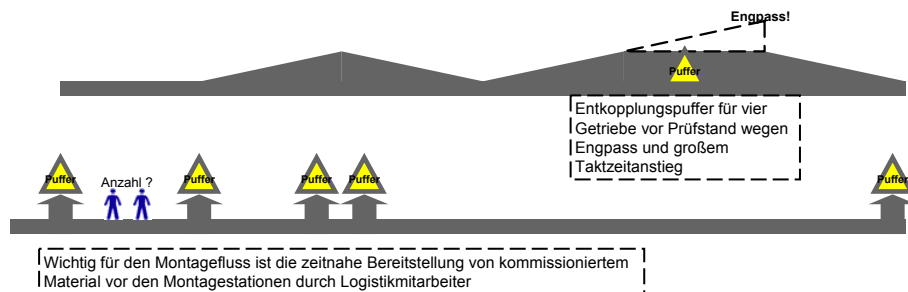
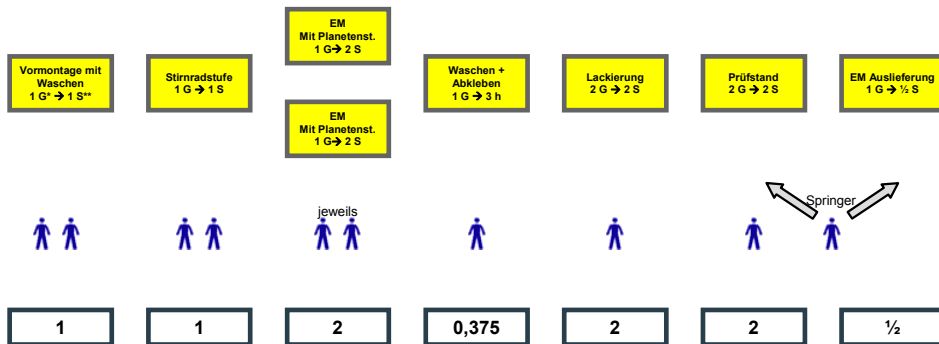
Ableiten von Montagestationen mit möglichst gleichen Montagezeiteinhalten

Station 1

Station 8

Die Abgeleiteten Stationen dienen als Grundlage für die weitere Leistungsabstimmung der Montageinhalte.

# Leistungsabstimmung der Stationen



Die Abgeleiteten Stationen dienen als Grundlage für die weitere Leistungsabstimmung

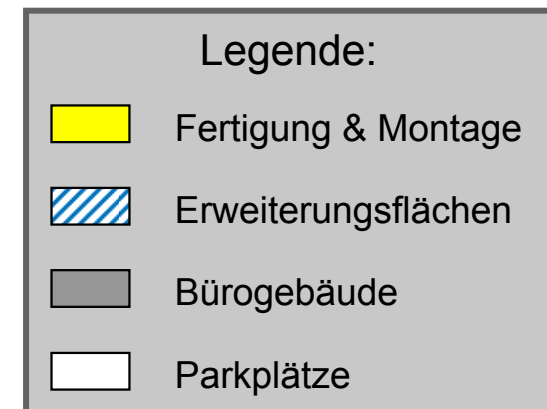
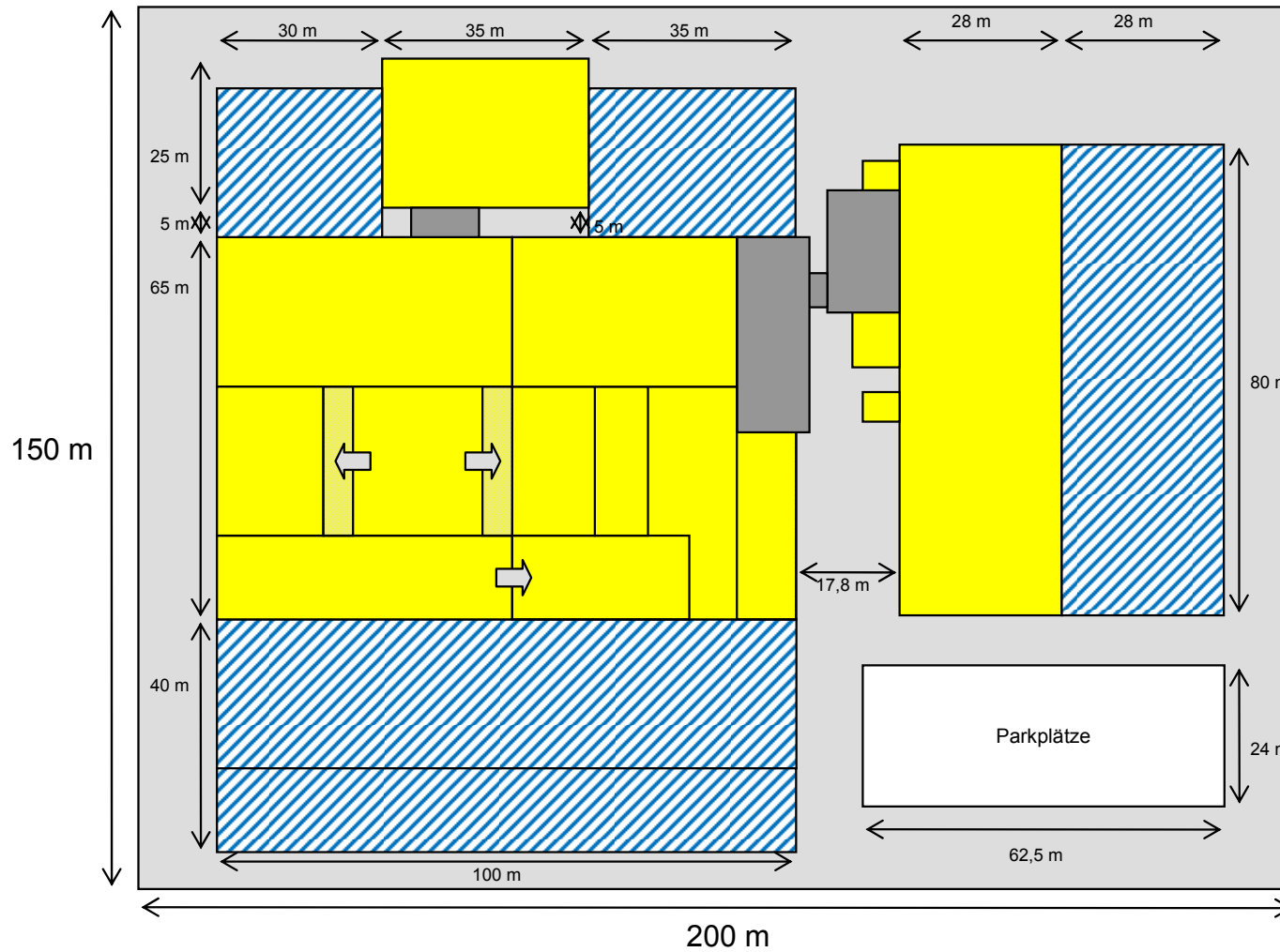
Anzahl Mitarbeiter pro Station

Durchlaufzeiten eines Getriebes pro Station in Schichten

Planung der Materialbereitstellung an der Linie und der Entkopplung von Stationen durch Puffer

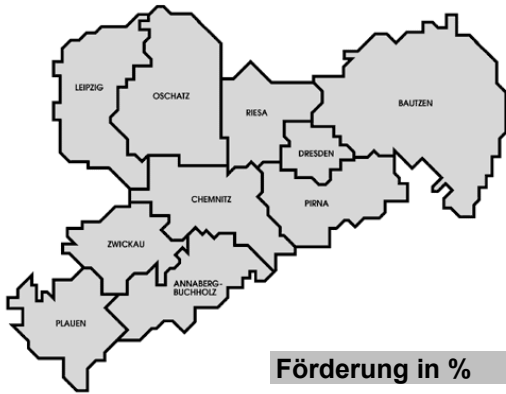
Planung des Materialtransports (Handlingsysteme) zwischen den Stationen

# Übersicht Gesamtgrundstücksfläche



# Auswahl von geeigneten Standorten

## Beispiel für eine der betrachteten Zielregionen



Halle	Leipzig	Chemnitz	Dresden																								
Stadt Halle, Landkreise Bitterfeld, Saalkreis, Mansfelder Land, Sangerhausen, Merseburg-Querfurt, Burgenlandkreis, Weißenfels	Arbeitsagentur Leipzig	Arbeitsagentur Chemnitz	Arbeitsagentur Dresden																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Regionen</th> <th># Beschäftigte</th> <th>West-Region</th> <th>Ost-Region</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Chemnitz</td> <td>28.927</td> <td>28.927</td> <td>28.927</td> </tr> <tr> <td>Dresden</td> <td>40.280</td> <td></td> <td>40.280</td> </tr> <tr> <td>Halle</td> <td>38.312</td> <td>38.312</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Leipzig</td> <td>49.413</td> <td>49.413</td> <td>49.413</td> </tr> <tr> <td><b>Summe</b></td> <td></td> <td><b>116.652</b></td> <td><b>118.620</b></td> </tr> </tbody> </table>				Regionen	# Beschäftigte	West-Region	Ost-Region	Chemnitz	28.927	28.927	28.927	Dresden	40.280		40.280	Halle	38.312	38.312		Leipzig	49.413	49.413	49.413	<b>Summe</b>		<b>116.652</b>	<b>118.620</b>
Regionen	# Beschäftigte	West-Region	Ost-Region																								
Chemnitz	28.927	28.927	28.927																								
Dresden	40.280		40.280																								
Halle	38.312	38.312																									
Leipzig	49.413	49.413	49.413																								
<b>Summe</b>		<b>116.652</b>	<b>118.620</b>																								

Förderung in %	30 %	30 %	30 %	30 %
Steuervorteil (a = konst.)				
Steuervorteil (NPV = konst.)				
Steuer [%] max.	36%	36%	36%	36%
sonst.				
<b>Beschäftigte</b>	<b>38.312</b>	<b>49.413</b>	<b>28.927</b>	<b>40.280</b>
<b>Arbeitslose</b>	<b>3.394</b>	<b>3.385</b>	<b>2.554</b>	<b>2.565</b>
<b>Entfernung nach Bochum</b>	<b>03:30</b>	<b>03:30</b>	<b>04:00</b>	<b>03:30</b>
Auto	04:40	05:00	05:15	06:00
Flugzeug (inkl. An-/ Abreise und Check-In)	03:30	03:30	04:00	03:30
Bahn	04:15	04:45	06:00	06:20
<b>Grundstückspreis[€]</b>	<b>750.000</b>	<b>750.000</b>	<b>600.000</b>	<b>600.000</b>
Preis pro m² [€] (Mittelwerte)	15	15	12	12

**Eingrenzung möglicher Standorte aufgrund der geographischen Entfernung und des Arbeitskräftepotenzials in der Zielregion.**

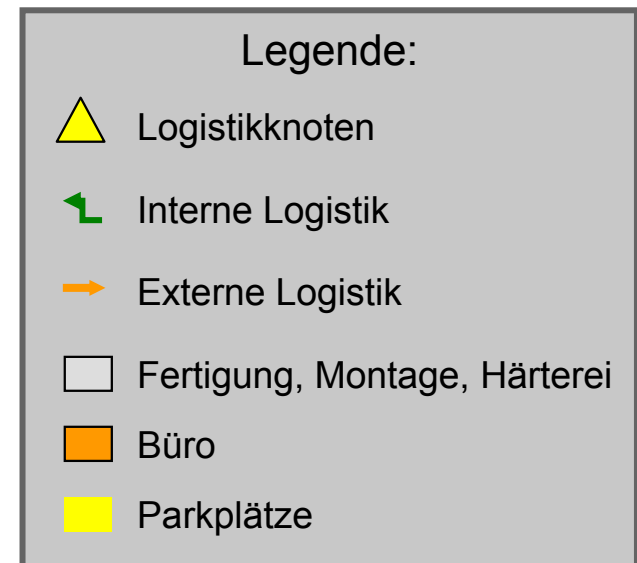
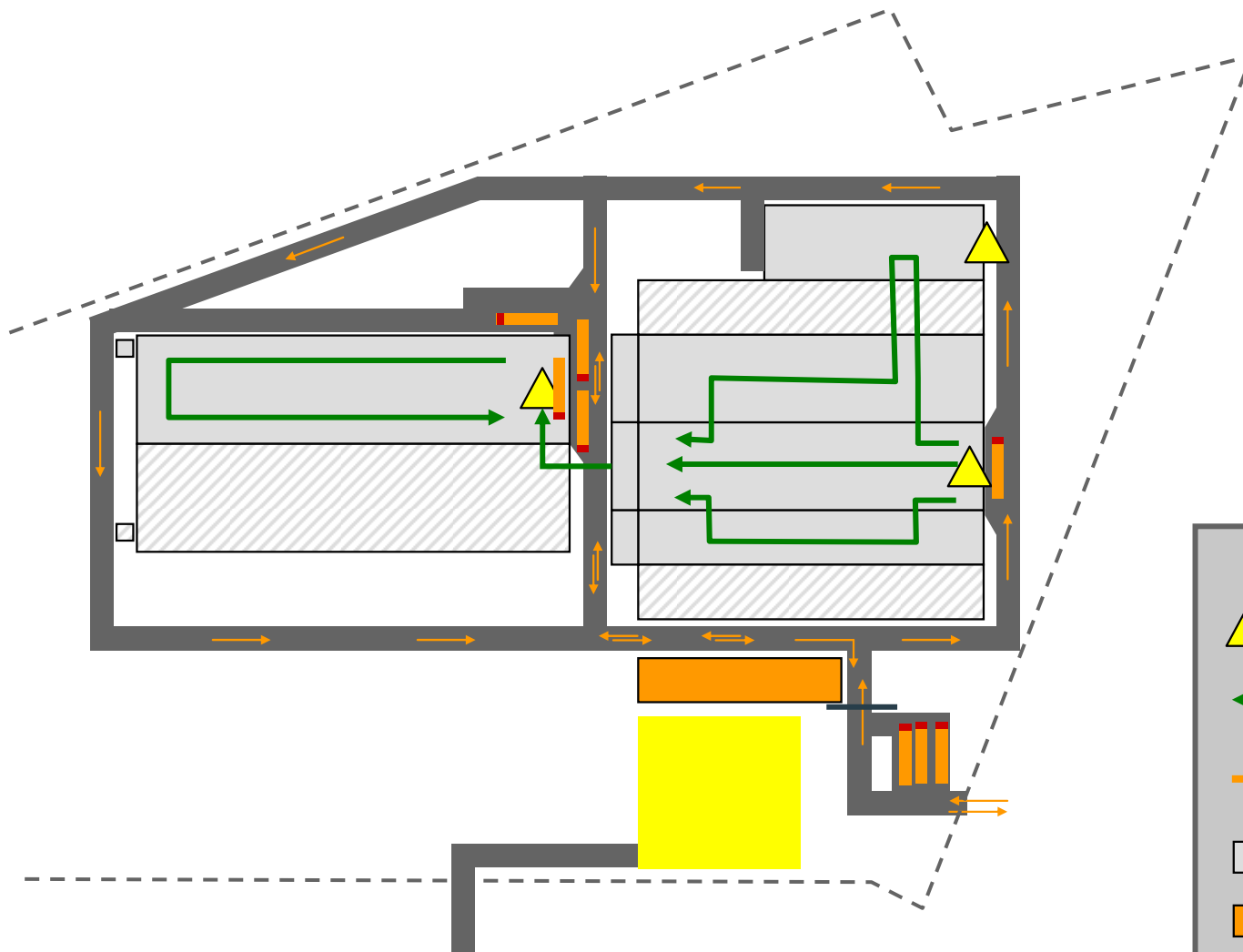
# Qualitative Bewertung der Standorte

		Standort		SA				
		Bewertungskriterium	Gewichtung	Halle-Queis (stadt)	Sietzsch (Stadt)	Landsberg (Linde)	Brehna (Stadt)	Gröbers (privat)
Qualitative Bewertungskriterien	Arbeitskräfteverfügbarkeit		10	3	3	3	3	3
	Attraktivität (für Führungskräfte)		8,4	3	3	3	3	3
	Zugänglichkeit Autobahn		6,8	5	4	4	4	4
	Industrielle Struktur		6,3	4	4	4	4	3
	Arbeitsmarktpolitische Rahmenbed.		6,3	4	4	4	4	4
	Rechtl. Restriktionen An-/ Abfahrt		5,8	5	5	5	5	5
	Zugang zur Politik/ Eignung WiFö		3,7	5	5	5	5	5
	Länge des Genehmigungsverfahrens		2,6	5	5	5	4	5
	Zugang zum Flughafen		1,6	5	5	5	5	5
	Schnitt des Grundstücks		0,5	5	5	2	5	5
<b>Gesamt</b>				<b>210,6</b>	<b>203,8</b>	<b>202,3</b>	<b>201,2</b>	<b>197,5</b>

# Vergleich der Standorte

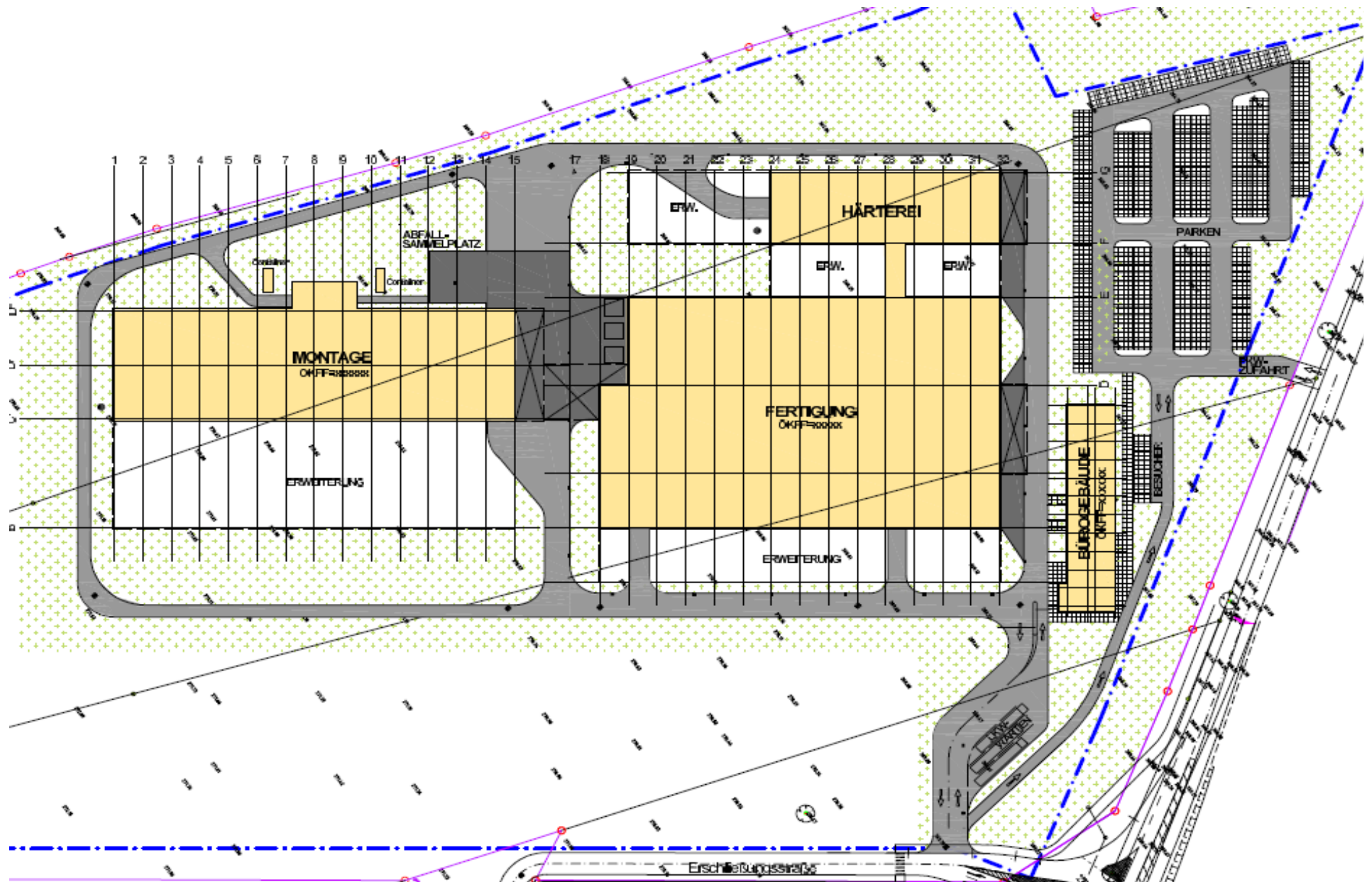
		Standort		SA	SH	Winterthur	Sachsen
		Bewertungskriterium	Gewichtung	Halle-Queis	Behringen	Sulzer	Radeburg
Qualitative Bewertungskriterien	Arbeitskräfteverfügbarkeit		10	3	2	4	3
	Attraktivität (für Führungskräfte )		8,4	3	4	5	3
	Zugänglichkeit Autobahn		6,8	5	3	4	5
	Industrielle Struktur		6,3	4	3	5	4
	Arbeitsmarktpolitische Rahmenbed.		6,3	4	5	5	4
	Rechtl. Restriktionen An-/ Abfahrt		5,8	5	3	3	5
	Zugang zur Politik / Eignung WiFö		3,7	5	5	4	2
	Länge des Genehmigungsverfahrens		2,6	5	4	4	5
	Zugang zum Flughafen		1,6	5	2	4	5
	Schnitt des Grundstücks		0,5	5	4	5	5
<b>Gesamt</b>				<b>210,6</b>	<b>175,9</b>	<b>223,7</b>	<b>199,5</b>
Quantitative Bewertungskriterien	Grundstückskosten [€/m²]			15	100	200	25
	Bodenarbeiten [€/m²]			40	10	10	? 40
	Zusatzkosten Grundstück [T€] (ca. 50 €/m² sind in Kalkulation bereits berücksichtigt)	40.000 m²		inkl.	2.400	6.400	inkl.
	Abschreibepaxis (Maschinen)			9 Jahre, linear	6 Jahre, linear	6 Jahre, linear	9 Jahre, linear
	Abschreibepaxis (Gebäude)			30 Jahre, linear	15 Jahre, linear	15 Jahre, linear	30 Jahre, linear
	Steuer						
					Lex Boni, 10 Jahre Steuerfreiheit	10 Jahre 50% auf Kanton- und Gemeindesteuern	
	Investitionsförderung [%]			30%	0%	0%	30%
	Investitionsförderung [T€]						
	Qualifizierungsförderung [T€]			ca. 1.000	350	600	ca. 1.000
Situation	Kalkulatorischer Zins [%]			15			
	HABEN-Zinsen [%]			2			
	SOLL-Zinsen [%]			6,5			
	Kapitalwertbetrachtung (Anz. Jahre)			10			
Quantitative Bewertung	<b>Kapitalwert [T€]</b>						
				Grundstücks - verkauf nicht berücksichtigt	Grundstücks - verkauf berücksichtigt	Grundstücks - verkauf berücksichtigt	Grundstücks - verkauf nicht berücksichtigt
	<b>Amortisationsdauer [a]</b>			<b>5</b>			
<b>Interner Zinsfuß [%]</b>			<b>33</b>				

# Gesamtkonzept Detailansicht



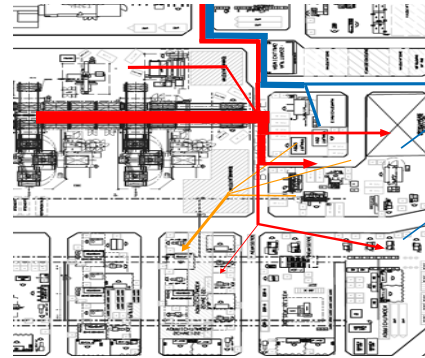


# Umsetzung in Klipphausen

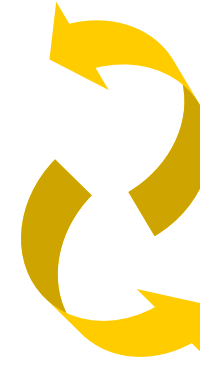


# Vorgehensweise: Feinlayoutplanung I

- **Materialfluss- und Produktionsablaufsimulation mit Fast-Plan**



Fast-Plan



- **Partizipative Feinlayoutplanung und Arbeitsplatzgestaltung mit dem Fabrikplanungstisch**



Fabrikplanungstisch

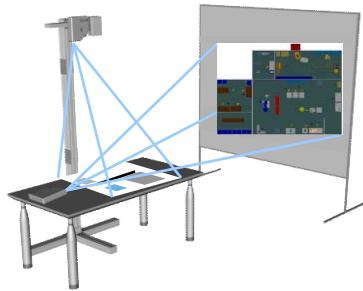


- **Kameraflug durch die virtuelle Fabrik mit 3dsmax zur Visualisierung der Projektergebnisse**



Autodesk 3dsmax

# Vorgehensweise: Feinlayoutplanung II



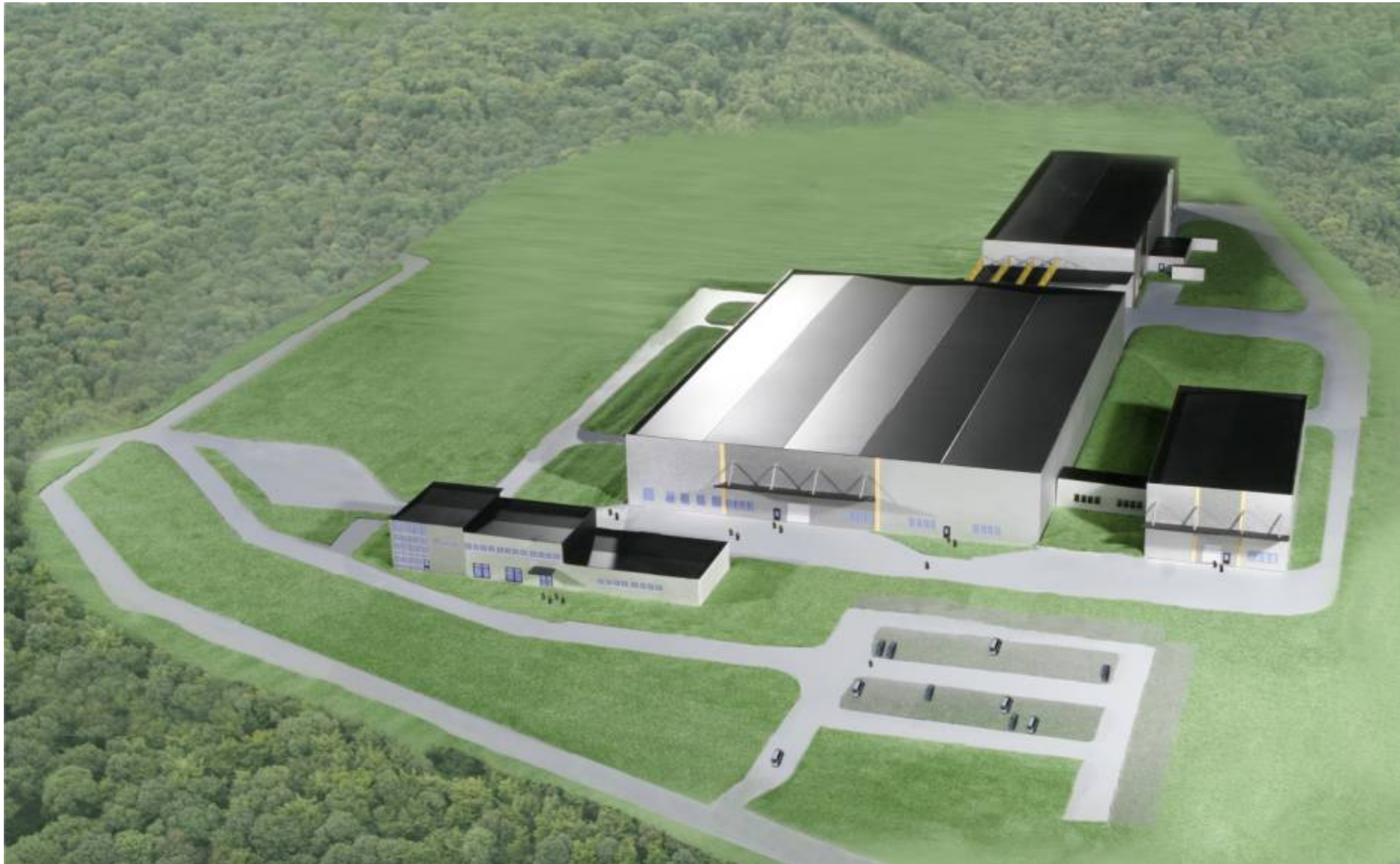
Einsatz des  
Fabrikplanungstisches



# Montage



# Ziel



# Bauphase

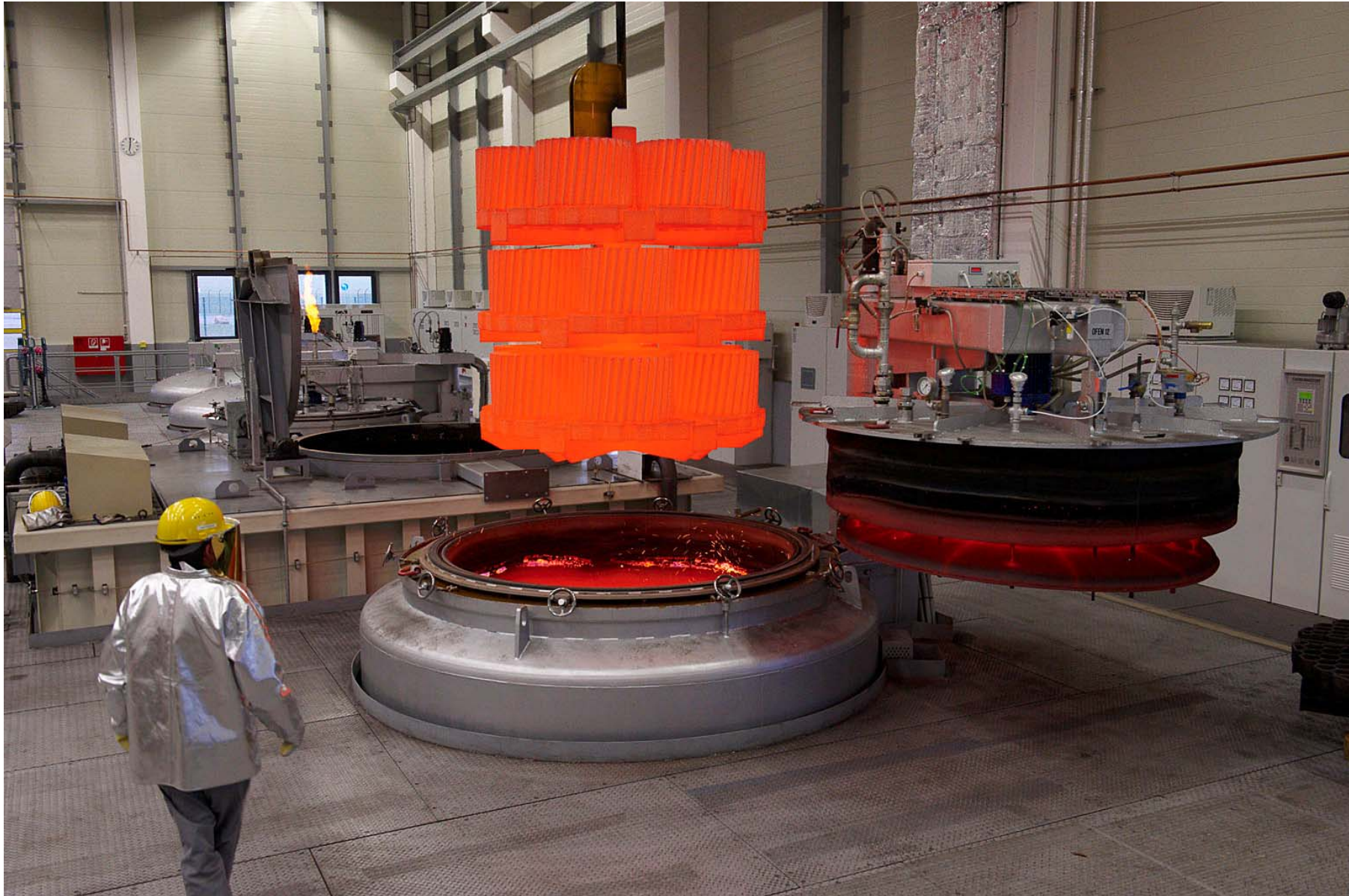


**Beginn Planung: Oktober 2006**  
**Aufbau der Maschinen: Juni 2008.**

# Kompetenz im Windkraftgetriebebau

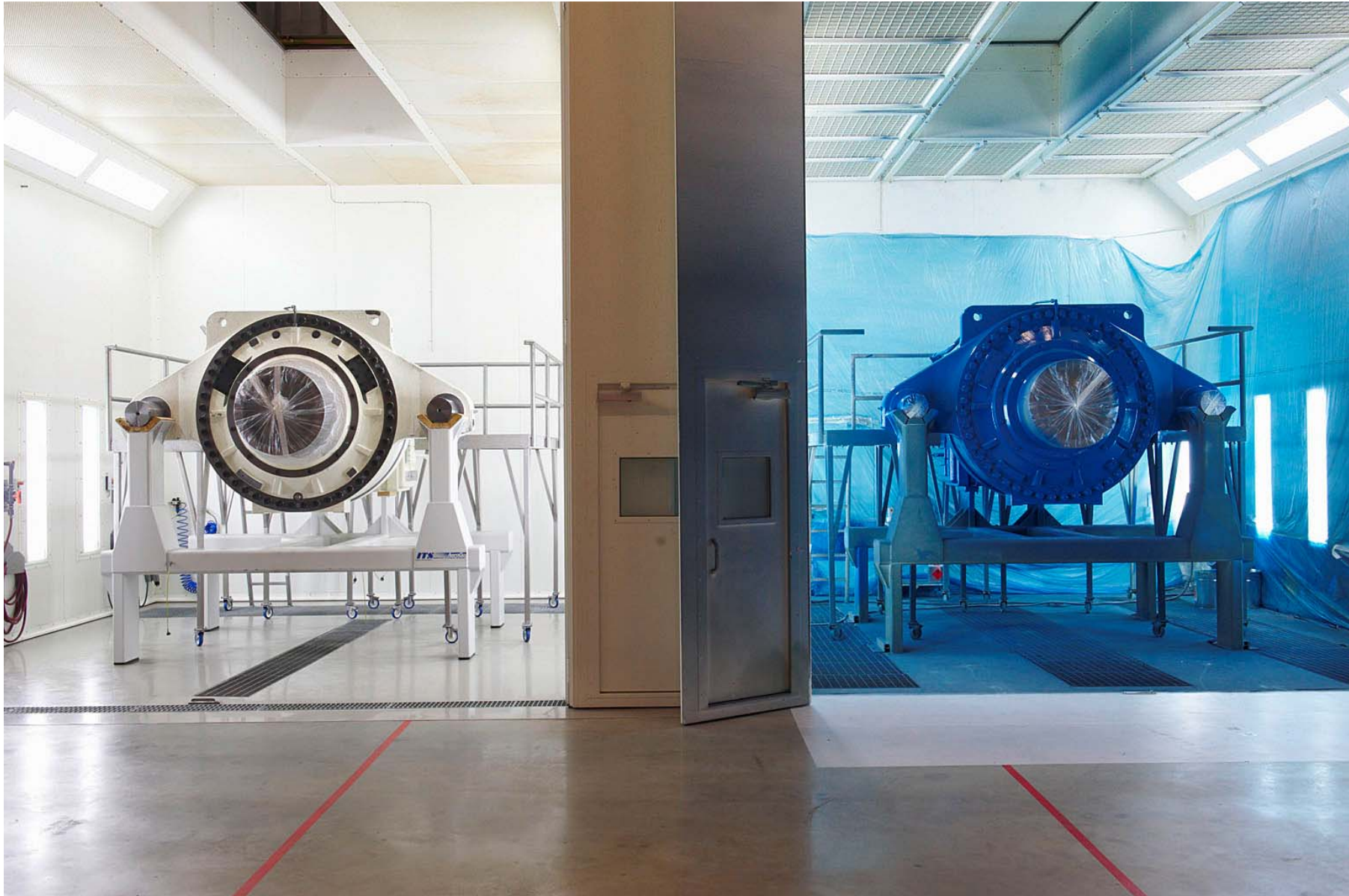


# Kompetenz im Windkraftgetriebebau





# Kompetenz im Windkraftgetriebebau



# Kompetenz im Windkraftgetriebebau



# Kompetenz im Windkraftgetriebebau



- 1 Vorstellung der Eickhoff-Gruppe
- 2 Konzeption, Planung und Aufbau einer Getriebefabrik
- 3 Lessons Learned



- **Die Kapazitäts-Planung und die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sollten möglichst modular aufgebaut werden, so dass Änderungen schnell eingearbeitet werden können**
- **Frühzeitige Einbindung von Planern und Architekten**
  - ... mit Blick auf weitere Ideen
  - ... mit Blick auf die Standortwahl
- **Frühzeitiges Einbinden der Maschinenhersteller**
  - ...dauert länger als man denkt...
- **Wichtig ist der gute Partner vor Ort**
  - ... für Arbeitskräfte
  - ... Behörden
  - ... und für zukünftige Herausforderungen