

Modul OMSI-2 ***im SoSe 2011***

Objektorientierte Simulation ***mit ODEMx***

Prof. Dr. Joachim Fischer
Dr. Klaus Ahrens
Dipl.-Inf. Ingmar Eveslage
Dipl.-Inf. Andreas Blunk

fischer|ahrens|eveslage|blunk@informatik.hu-berlin.de

5. Differenzenverfahren zur Beschreibung zeitkontinuierlicher Prozesse in ODEMx

- Beispiel: Tankerflotte
- Prinzipielle Erweiterung der Modellklassen zeitkontinuierlicher Prozesse
- Zelluläre Automaten

Eine **Lineare Differenzgleichung** k -ter Ordnung ist von der Form:

$$\sum_{i=0}^k a_i(n) y_{n-i} = b(n), a_i \in R, a_k \neq 0, n \in \mathbb{N}, n \geq k$$

Eine Zahlenfolge $y = y_0, y_1, y_2, \dots$, die für alle $n \geq k$ die Gleichung erfüllt, heißt **Lösung der Differenzgleichung**.

Diese unendliche Folge ist durch ihre k Anfangswerte eindeutig bestimmt.

Ist $b(n) = 0$ für alle n , so heißt die Gleichung **homogen**, ansonsten heißt sie **inhomogen**.

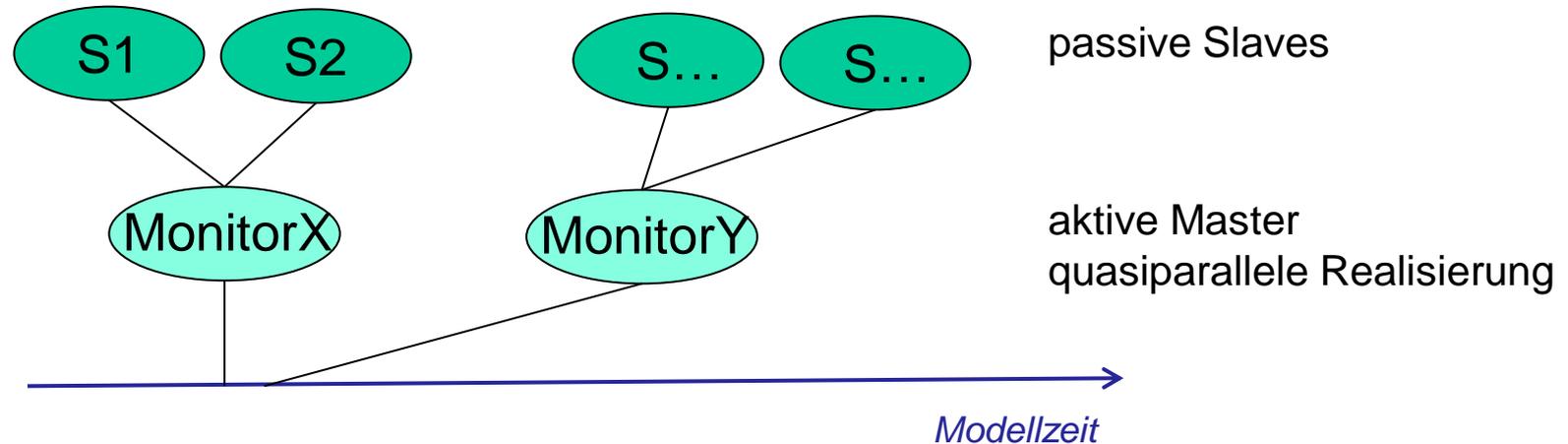
Die Zahlenfolge $y_n = 0$ für alle n erfüllt alle homogenen Gleichungen und heißt deshalb **triviale Lösung**.

UMFORMUNG in ein System von allg.
(linear/nichtlinear) Differenzgleichungen 1.Ordnung

$$\mathbf{z}(k+1) = \mathbf{f}[\mathbf{z}(k), \mathbf{u}(k)] \quad \text{mit } \mathbf{z}, \mathbf{u} \text{ als Vektoren der Dimension } n$$

Master-Slave-Konzept für zeitkontinuierliche Prozesse

...beschrieben als Differenzen- oder Differentialgleichungen



Slaves sind Ableitungen von Process weisen einem Monitor dynamisch zu:

- Variablen (zeitkontinuierlich)
- Abbruchbedingungen/Zustandsereignisse
- DGLs/DiffGLs
- sich selbst zu (und werden passiv)

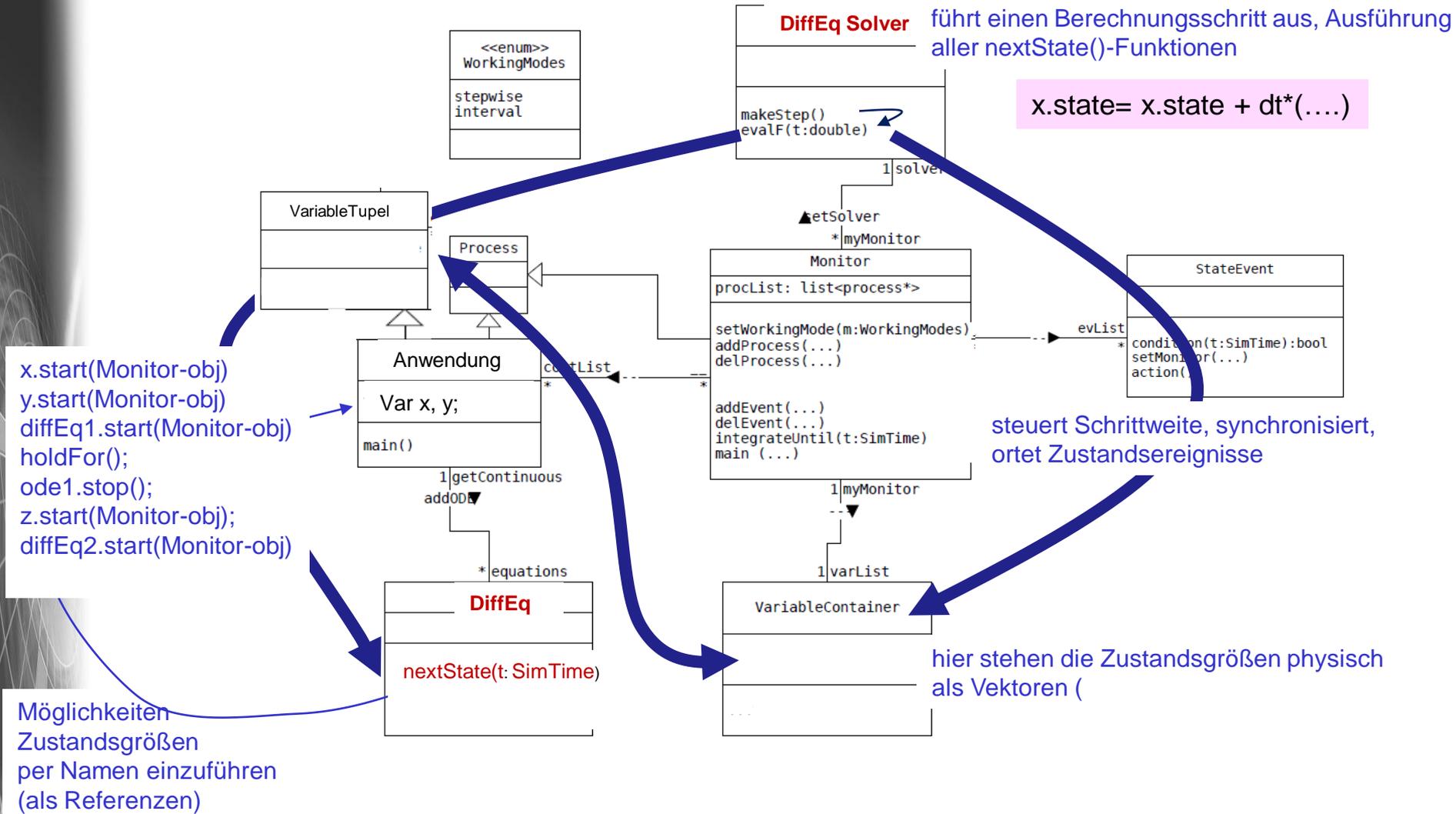
bei erneuter Aktivierung:

- Variablenentnahme
- Bedingentnahme
- DGLs/DiffGLs-Entnahme

Monitore sind Ableitungen von Process ~ DGL-Löser besitzen

- Felder von kontinuierl. Variablen (werden durch die Slaves aufgebaut)
- Abbruchbedingungen
- Liste von DGLs/DiffGLs
- Lösungsverfahren
 - Vektor-Kopie
 - Berechnung der Ableitungen
 - Vektor-Aktualisierung
 - Überprüfung der Abbruchbedingungen (evtl. Aktivierung von Slaves)

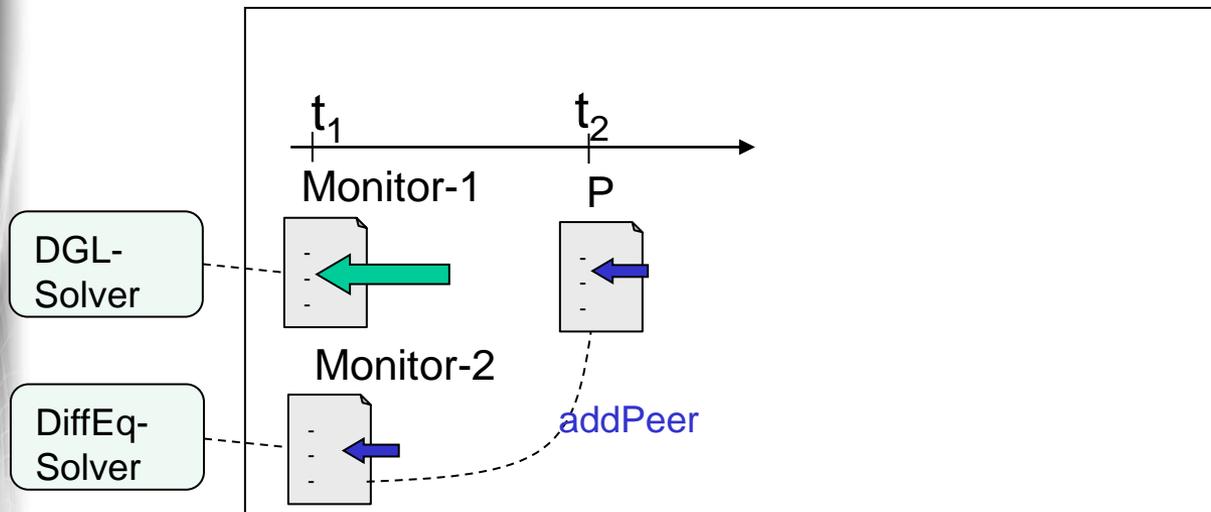
Behandlung von Differenzengleichungen



Modellklassenerweiterung

es lassen sich zeitkontinuierliche Teilsysteme unterschiedlichen Typs (ODE /DiffE) zeitlich überlagert simulativ ausführen und synchronisieren

die Art des Verfahrens spielt prinzipiell keine Rolle



weitere Monitore könnten dynamisch mit entsprechenden Verfahren für **Partielle Differentialgleichungen (PDGL)** oder **zellulären Automaten** versorgt werden

5. Differenzenverfahren zur Beschreibung zeitkontinuierlicher Prozesse in ODEMx

- Beispiel: Tankerflotte
- Prinzipielle Erweiterung der Modellklassen zeitkontinuierlicher Prozesse
- Zelluläre Automaten

Zellulärer Automat

(Ulam, von Neumann)

definiert durch Zellraum (1-, 2-, 3-dimensionaler Raum)

- ein *Gitter* bestehend aus Zellen (gleicher Geometrie)
- eine (meist) endliche Menge von (meist diskreten) *Zuständen* der Zellen
- eine *Umgebung* der Zellen (voll oder eingeschränkt)
- eine *lokale Funktion*, die den 'neuen' Zustand einer Zelle in Abhängigkeit (des eigenen und) der Besetzung der Zellen in der Umgebung definiert.

z.B.: Differenzenverfahren

Typen

- klassische zelluläre Automaten werden **synchron** iteriert,
→ die lokale Funktion wird gleichzeitig auf alle Zellen angewandt
- bei **asynchroner** Dynamik wird eine Zelle gewählt und iteriert,
dann die nächste Zelle und so weiter

weitere Klassifikation:
geometrische Form der Zellen
(# Nachbarzellen, Schichtenstruktur)

Fazit

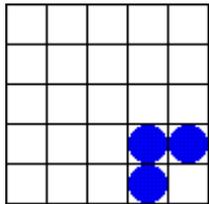
- Ein zellulärer Automat ist also ein zeit-, orts- und zustandsdiskretes dynamisches System

entscheidende Eigenschaft Lokalität,

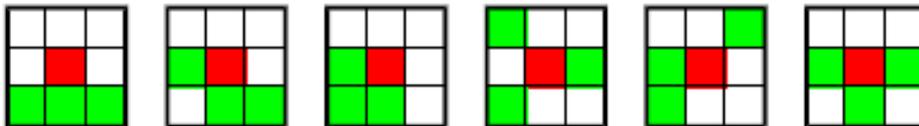
d.h. der neue Zustand einer Zelle hängt nicht vom Zustand des ganzen Gitters ab, sondern nur von den Zuständen der Zellen in der Umgebung.

Game of Life (Conway 1970)

Die Folgegeneration wird für alle Zellen gleichzeitig berechnet und ersetzt die aktuelle Generation. Der Zustand einer Zelle, *lebendig* oder *tot*, in der Folgegeneration hängt nur vom Zustand der acht Nachbarzellen dieser Zelle in der aktuellen Generation ab.



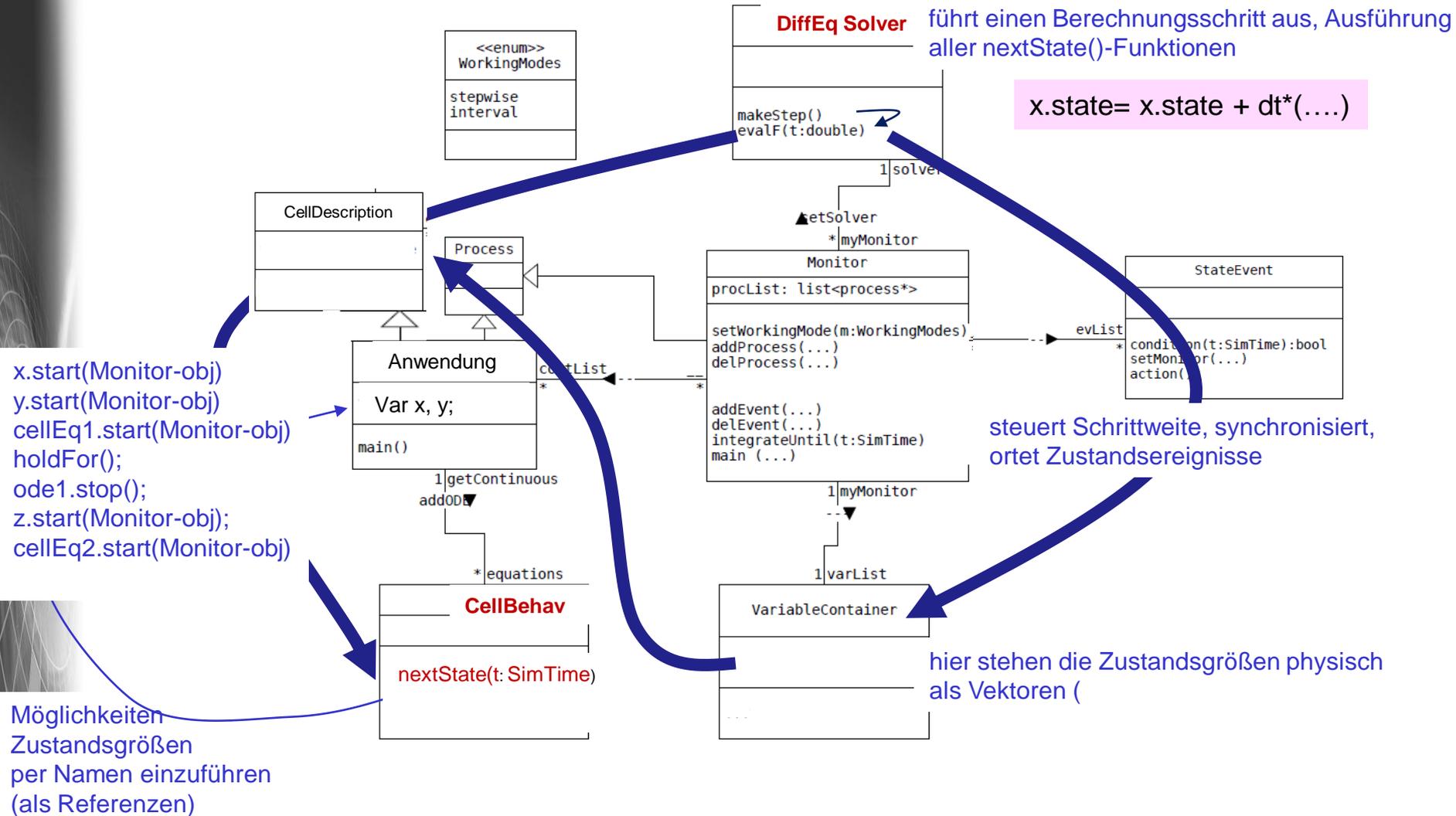
- Eine tote Zelle mit genau drei lebenden Nachbarn wird in der Folgegeneration neu geboren.



 rot: Tote Zelle, die in der nächsten Generation geboren wird
 grün: Lebende Nachbarn der Zelle

- Lebende Zellen mit weniger als zwei lebenden Nachbarn sterben in der Folgegeneration an Einsamkeit.
- Eine lebende Zelle mit zwei oder drei lebenden Nachbarn bleibt in der Folgegeneration lebend.
- Lebende Zellen mit mehr als drei lebenden Nachbarn sterben in der Folgegeneration an Überbevölkerung.

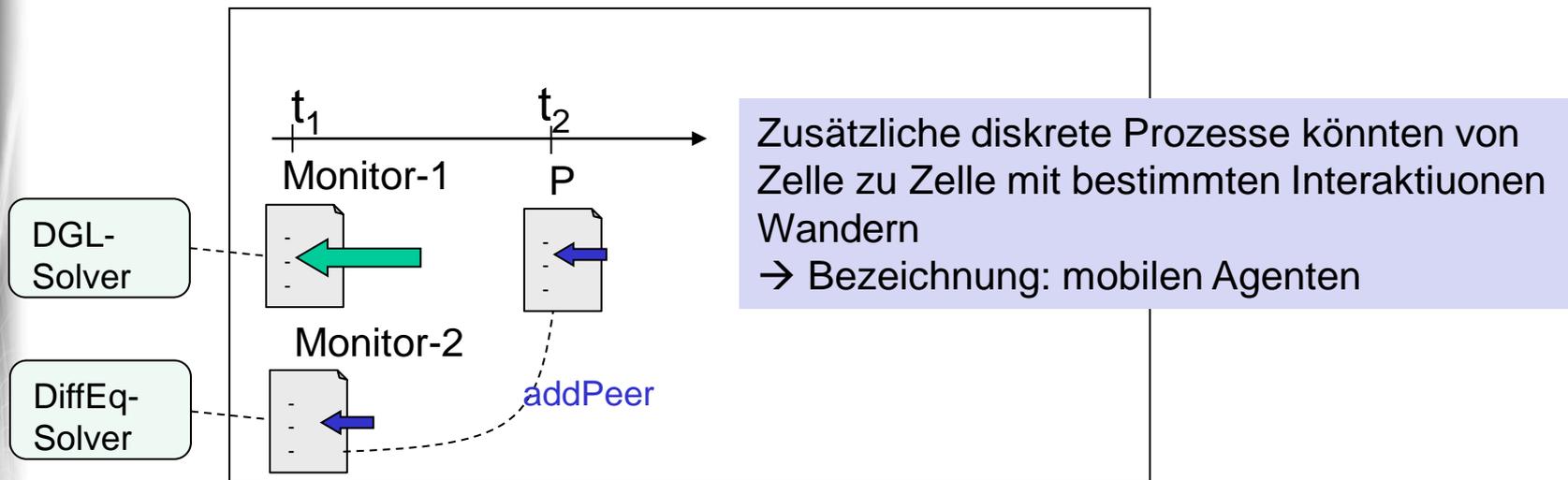
Behandlung von Zellulären Automaten



Modellklassenerweiterung

es lassen sich zeitkontinuierliche Teilsysteme (Zelluläre Automaten) unterschiedlichen Typs (ODE /DiffE) zeitlich überlagert simulativ ausführen und synchronisieren

die Art des Verfahrens spielt prinzipiell keine Rolle



Jeder Monitor ist zuständig für einen kompletten zellulären Automaten
- sein Lösungsfahren ist der Zellenverhaltensbeschreibung angepasst
-Differenzgleichung, ODE, PDE

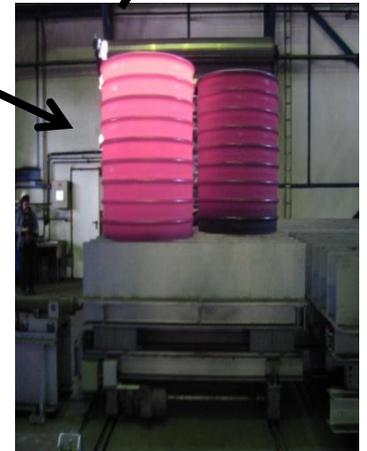
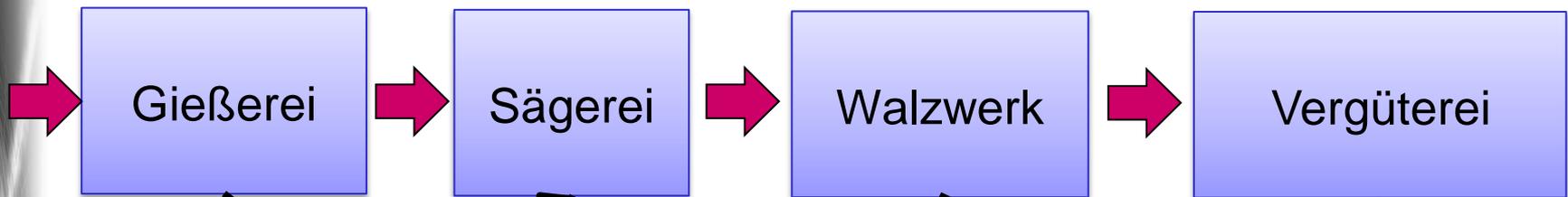
6. Projekt SimRing oder „Herr der Ringe“

- Beispiel: Tankerflotte
- Prinzipielle Erweiterung der Modellklassen zeitkontinuierlicher Prozesse
- Zelluläre Automaten

3. Projekt „Herr der Ringe“



Werksanlage in erster Näherung



Produktionsabfolge

Auftragseingang (Auftrag= n Ringe einer Sorte)

1. Gießerei (Schrott+ → Blöcke)
2. Sägerei (Blöcke → Blöckchen)
3. Durchheizen der Blöckchen im Drehherdofen
4. Stauch- und Lochpresse (Blöckchen → Ring)
5. Rollgang und Aufweitpresse
6. Hubbalken-Nachwärmofen
7. Radialaxial-Walze (Ring → Ring/Flansch/Radreifen)
8. Stempel- Plan und Richtpresse (Ringe → RingStapel)
9. Pufferstrecke (Ringstapel → Stapel-Gruppe)
10. Kran, Öfen, Wasser/Polymerbad (Vergütung einer Stapelgruppe)
11. Härteprüfung
12. Abtransport

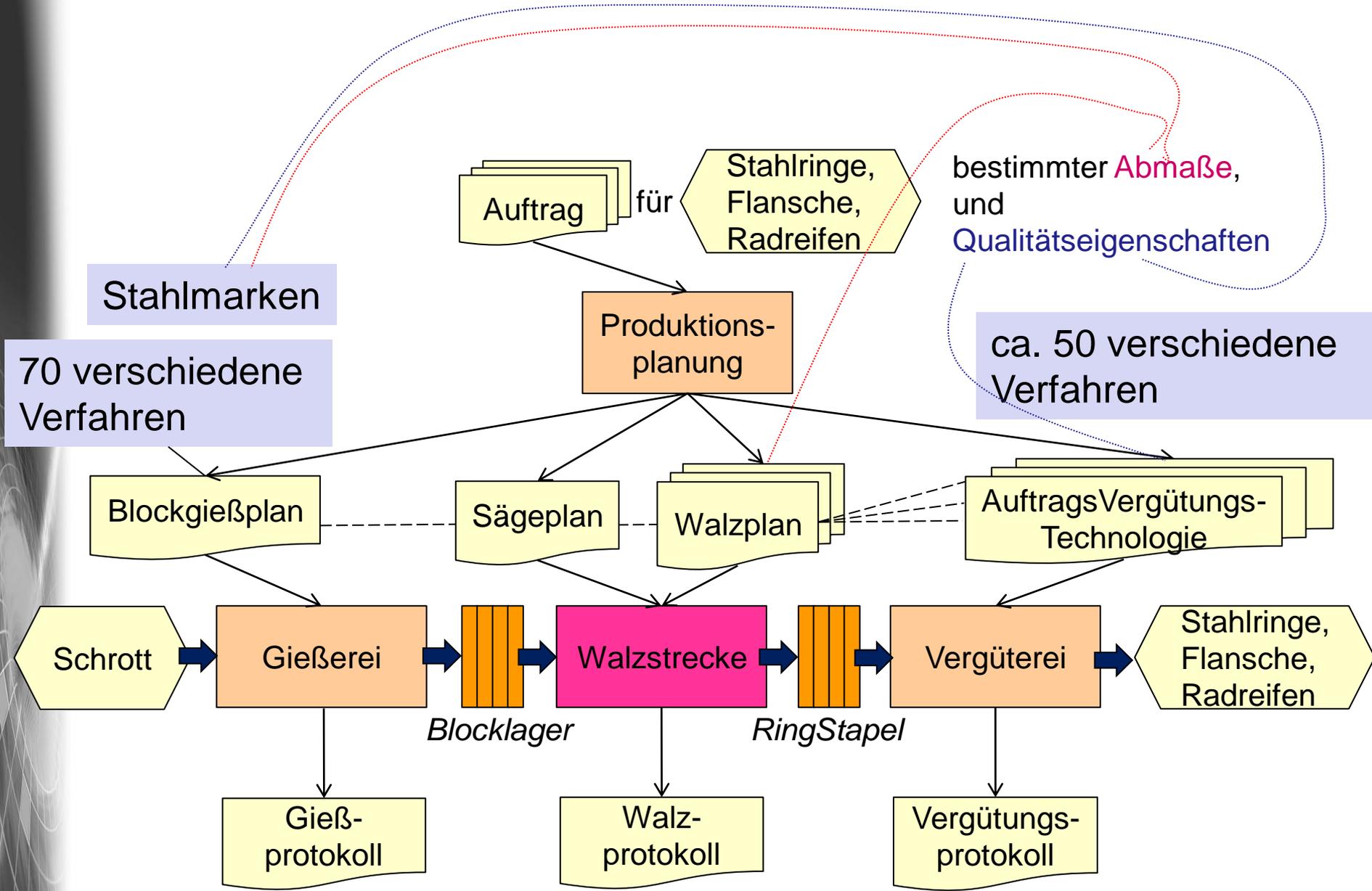
Werksanlage in zweiter Näherung



Produkt	Parameter	Min	Max
Ringe	Stückmasse	70 kg	1.520 kg
	Außen-Ø	500 mm	2.800 mm
	Innen-Ø	300 mm	2.600 mm
	Ringbreite	65 mm	365 mm
Radreifen	Stückmasse	75 kg	750 kg
	Außen-Ø	420 mm	2.015 mm
	Innen-Ø	245 mm	1.830 mm
	Reifenbreite	85 mm	200 mm
Flansche	Stückmasse	70 kg	800 kg
	Außen-Ø	550 mm	1.800 mm
	Innen-Ø	300 mm	1.600 mm
	Flanschbreite	75 mm	275 mm
Hochlegierte Flansche	Stückmasse	75 kg	300 kg
	Außen-Ø	550 mm	1.250 mm
	Innen-Ø	320 mm	1.000 mm
	Ringbreite	75 mm	180 mm
Hochlegierte Ringe (Austenite)	Stückmasse	70 kg	1.000 kg
	Außen-Ø	500 mm	1.800 mm
	Innen-Ø	400 mm	1.700 mm
	Ringbreite	65 mm	250 mm
Hochlegierte Ringe (Martensite)	Stückmasse	70 kg	830 kg
	Außen-Ø	500 mm	1.200 mm
	Innen-Ø	400 mm	1.000 mm
	Ringbreite	65 mm	365 mm

Produktsortiment der Schmiedewerke Gröditz GmbH





Ablauf: 1. Gießerei (Schrott+ → Blöcke)

- der benachbarten Elektrostahlwerke Gröditz GmbH oder
 - weiterer beauftragter externer Erzeuger
- liefern per Auftrag des Ringwalzwerkes Stahlzylinder (**Blöcke**)
- geforderter **Durchmesser**, **üblicher Längen** und
 - **Stahlsorten**
(d.h. es wird nach unterschiedlichen Verfahren gegossen)

31.000 A, 380 V Drehstrom
1.600 °C

- Es werden bis zu 70 verschiedene Stahlsorten aus den **Werkstoffklassen**
 - unlegierte und legierte Qualitäts- und Edelbaustähle,
 - hochfeste Baustähle mit Schweißseignung,
 - unlegierte und legierte Werkzeugstähle,
 - verschleißfeste Stähle,
 - Wälzlagerstähle,
 - hochlegierte austenitische und
 - martensitische Stähle verwendet.



Gießformen (Kokillen)



Gießprodukte (Blöcke)



Transport: Gießerei → Ringwalzwerk

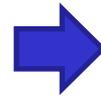


Kran mit Elektromagnet

Ablauf: 2. Sägerei (Blöcke → Blöckchen)



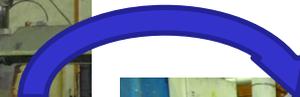
Blocklager



Blöckchenlager



Sägerei



Hartmetallsäge (HMS)



Werkzeugsortiment



Sägezeiten

Säge	max. Durchmesser (mm)	min. Sägezeit (min)
HMS 1	400	3-7
HMS 2	500	3-7
BS 1	600	180
BS 2	800	180

Blockdurchmesser (mm)	Sägezeit (min)
110	3,5
150	3,75
220	4,9
310	4,9
370	6,65
500	6,65
> 500	7

HMS-Zeiten

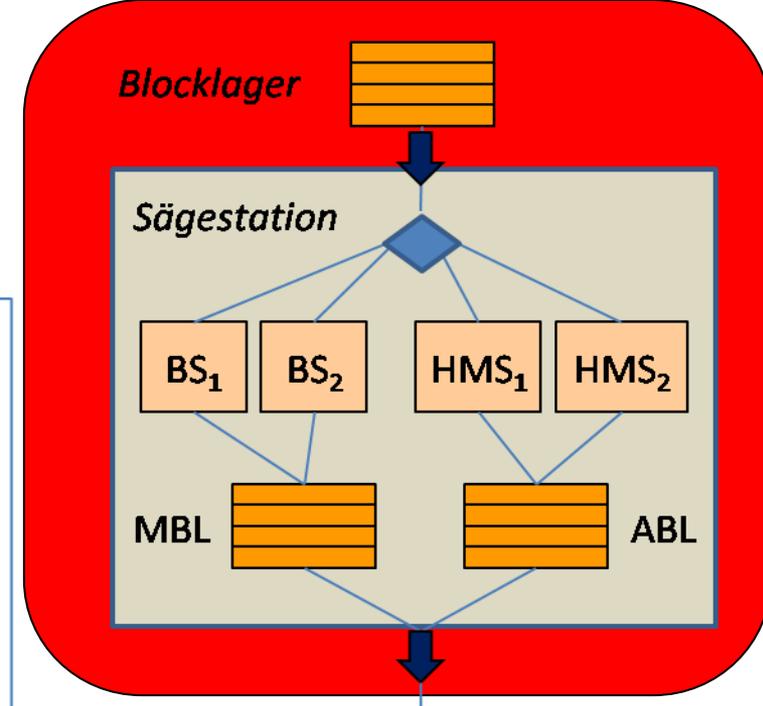
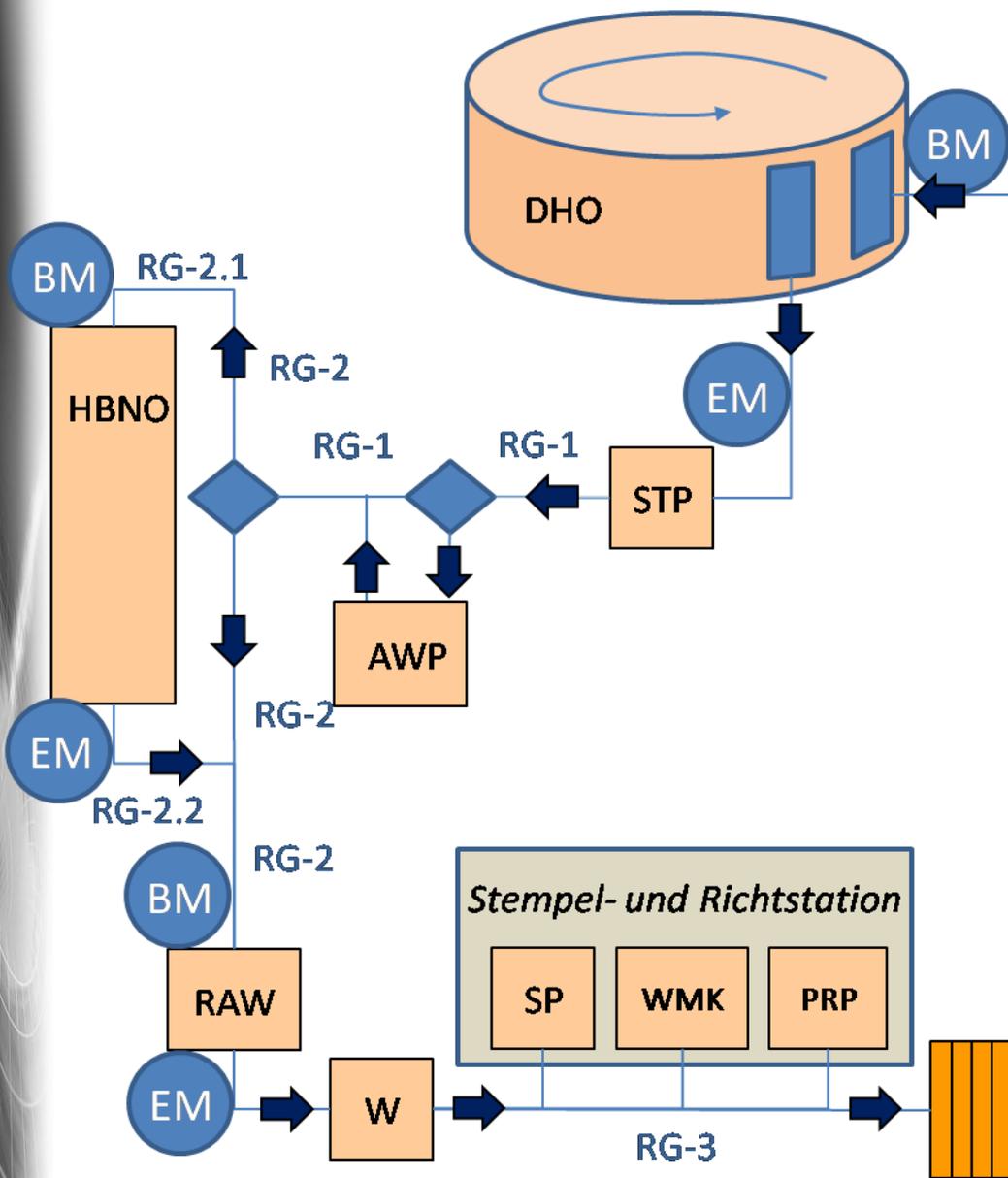
Sägen und Blöckchenlager



Bewegliche Palette

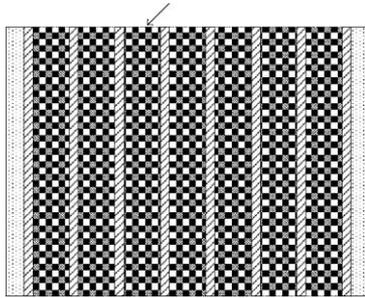


Automatisierte Blöckchenlager



- HMS_i Hartmetallsäge i (i=1, 2)
- BS_i Bandsäge i (i= 1, 2)
- ABL automatisiertes Blöckchenlager
- MBL manuelles Blöckchenlager
- BM Belademaschine
- EM Entnahmemaschine
- DHO Dreh-Herdofen
- STP Stauchpresse
- HBNO Hubbalken-Nachwärmofen
- AWP Aufweitpresse
- RAW Radial-Axial-Walze
- W Waage
- SP Stempelpresse
- WMK Wärmemaßkontrolle
- PRP Planrichtpresse
- RG-i Rollgang i

Paletten im Sägelager



Das ABL verfügt über 64 **Paletten**



Begrenzung

- Blöckchen bis zu 400 mm Durchmesser

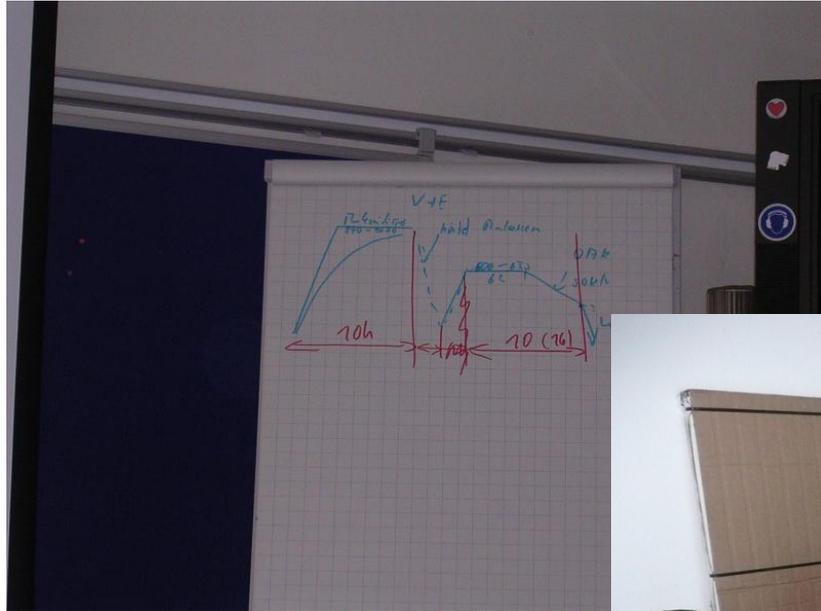
größere Blöckchen werden im MBL verwaltet

Transportzeiten noch unbekannt

Problemstellung

1. Sägeplan (wann ist was zu sägen) sei für 1 W gegeben
Blöcke vorhanden
→ Ablauf in ODEMX darzustellen (Animator?)
bei Variation der Blocklängen (Reststücke)
2. Reihenfolgenänderung: Sägeplan¹ → Sägeplan^k
mit Auswirkungen auf
 - Durchsatz, Werkzeugwechsel
3. Optimierung über Wochengrenzen
4. Anpassung an die Anforderungen des DHOs
(nächstfolgender Arbeitsgang)
5. Ableitung/Generierung eines Sägeplans

Ablauf: 3. Durchheizen Drehherdofen



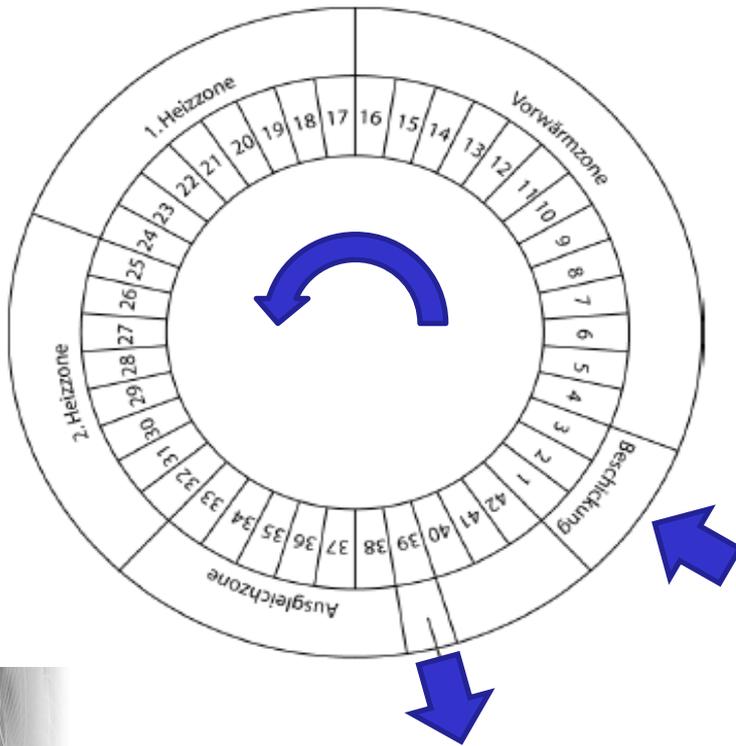
Spezifische Heizkurven

Dauer von Heizphasen
und Zieltemperaturen



Objektorientierte Simulation mit ODEMx

Drehherdofen (DHO)



1.300°C

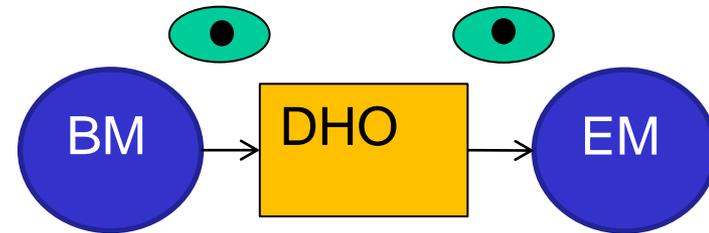
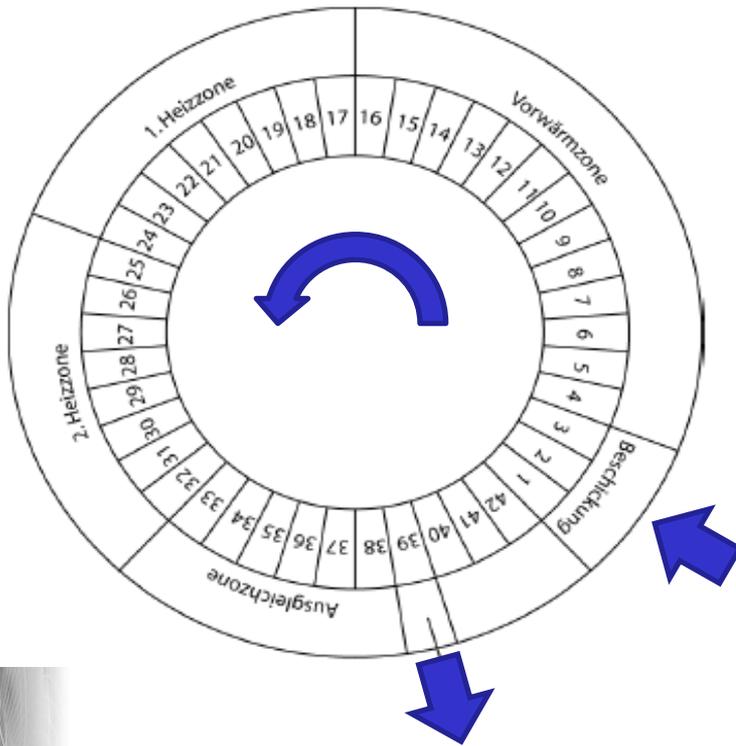


Der DHO im Betrieb



... und außer Betrieb

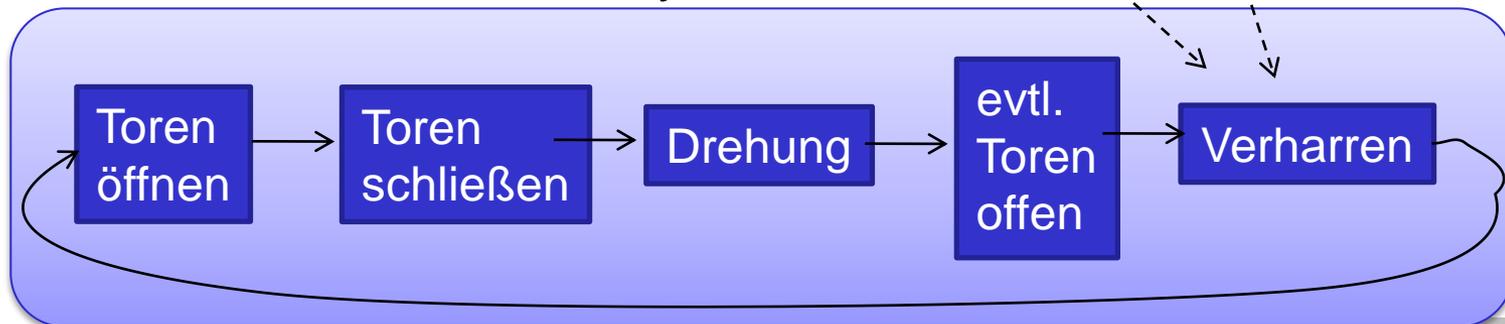
Drehherdofen (DHO)



Mindesthaufenthaltszeit

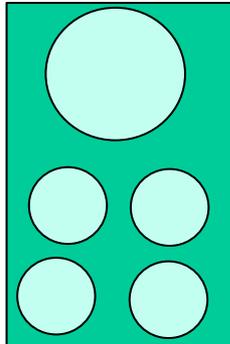
Entnahmeintensität

Zyklus

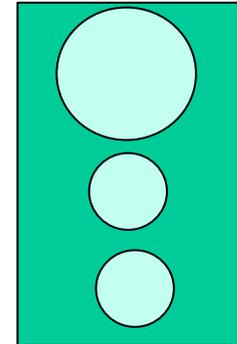


Ofenbelegung und Arbeitsweise

erlaubt



- Platzrestriktion
- oder auch
- Behandlungsrestriktion
?



nicht erlaubt

- Startbetrieb (Anlage leer, Montag)
 - ...?
- Dauerbetrieb
weitere Drehung um einen Schritt ~
 - die Entnahme-Intensität (abhängig von weiteren nachfolgenden Arbeitsgängen)
 - Mindestaufenthaltsdauer (**unbekannt, Info woher?**) eines Blockes in den 4 Zonen
 - Drehungszeit für einen Schritt (**unbekannt**)

Problemstellung

1. Für bekannten Walzplan (und dafür realisierten Sägeplan) ist ein Simulator für den DHO zu realisieren (Belegung ist dabei ein Unterproblem)

Varianten:

- Entnahme ist nur abhängig von der Garantie der Segmentaufenthaltsdauern
- Entnahme ist zusätzlich von einer überordneten Verzögerung abhängig

2. Variation der Walzpläne (Durchsatz, wann kommt der erste und letzte Block heraus)

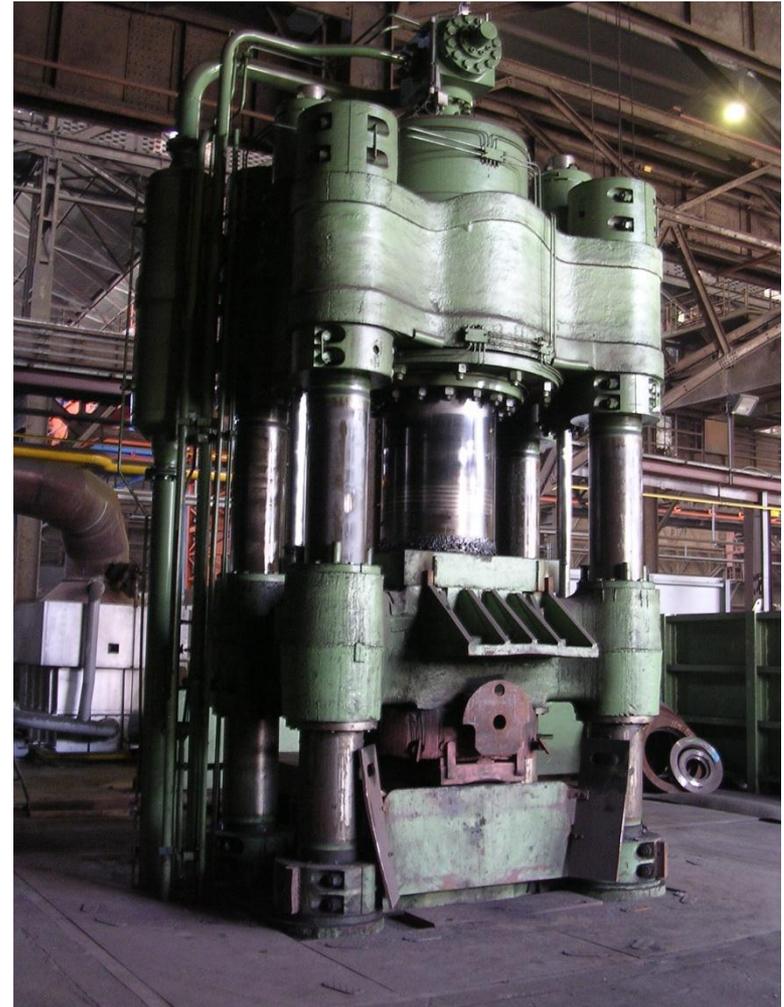
Ablauf: 4. Stauch- und Lochpresse (SLP) Blöckchen → Ring



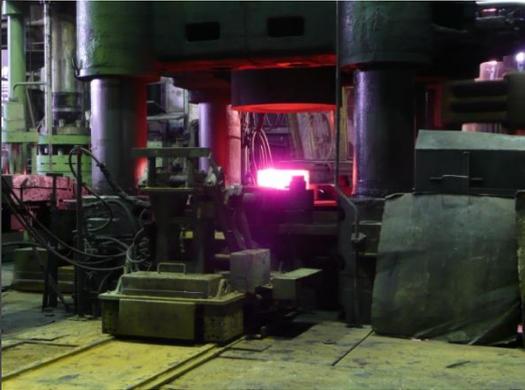
Bedienung durch EM
des HNOs

evtl. Werkzeugwechsel
verzögern die Arbeit

Ringe werden auf Rollgang
geschoben



Die SLP im Betrieb



Ablauf: 5. Rollgang und Aufweitpresse (AWP)

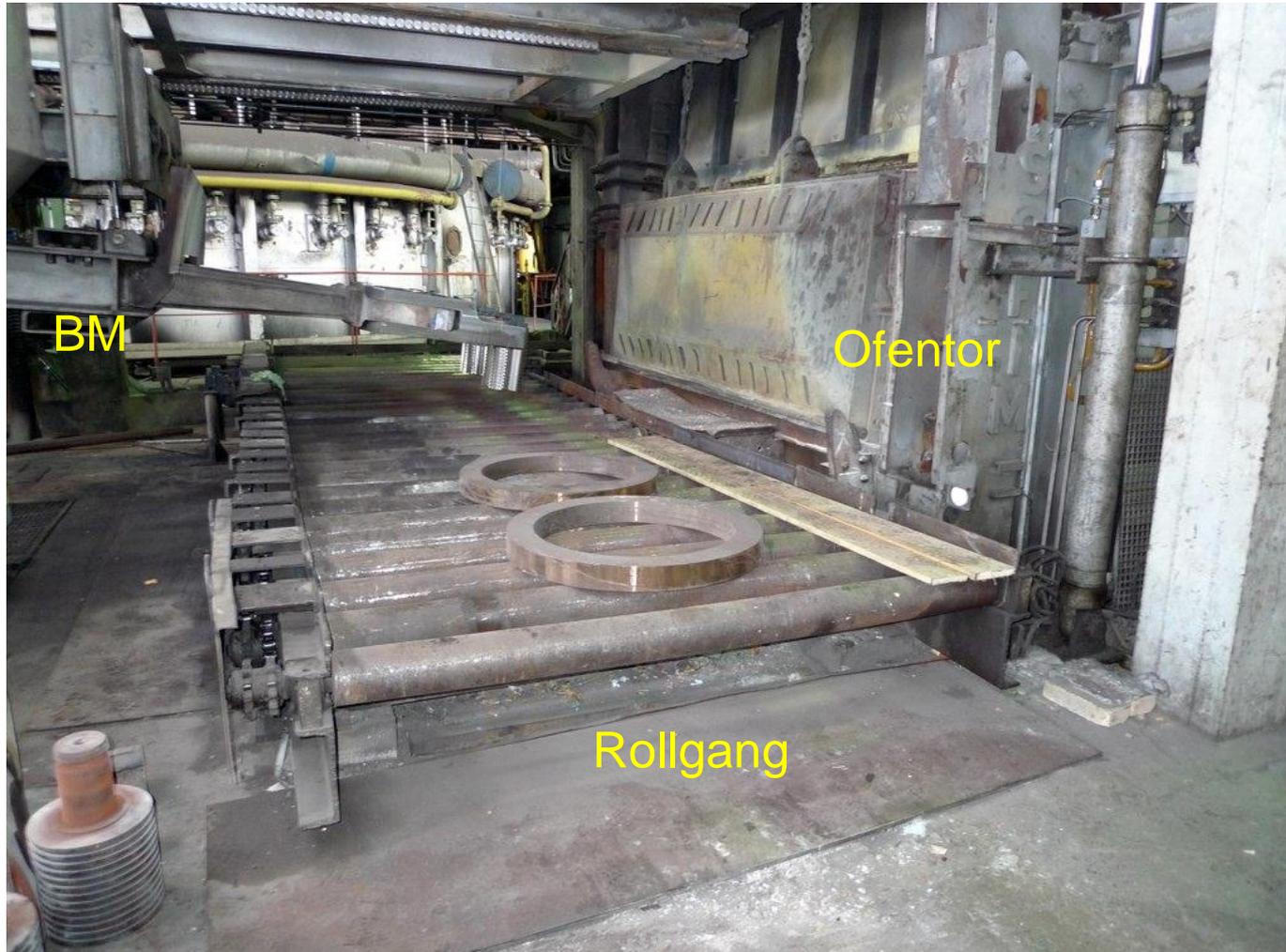


Bedienung durch Rollgang

evtl. Werkzeugwechsel
verzögern die Arbeit

Ringe werden auf Rollgang
geschoben

Ablauf: 6. Hubbalken-Nachwärmofen (nur evtl.)



Ablauf: 7. Radialaxial-Walze (RAW)

entscheidender Taktgeber



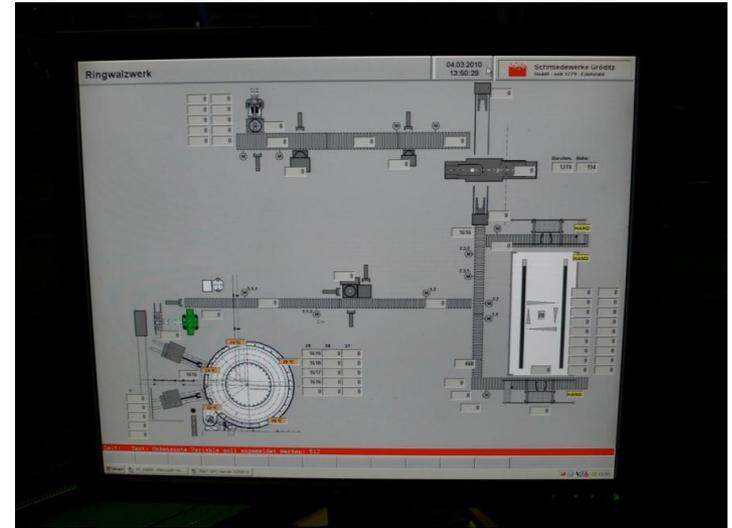
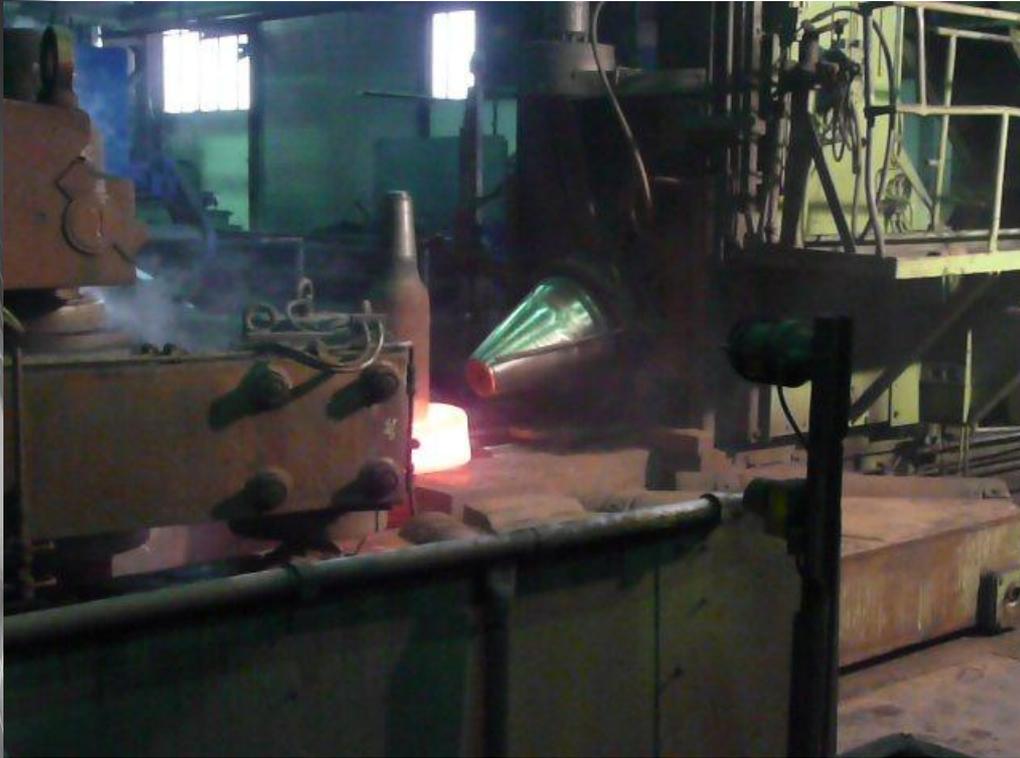
Belademaschine der RAW



Verschiedene Arbeitsgänge der RAW

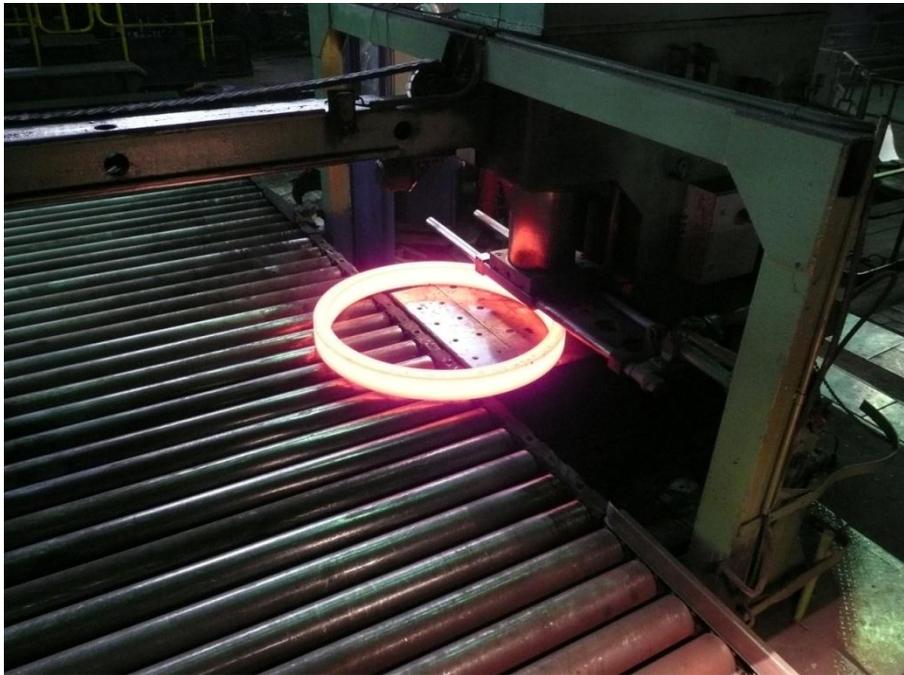


Leitstand der Radialaxial-Walze



Ablauf: 8a. Die Stempelpresse

Waage



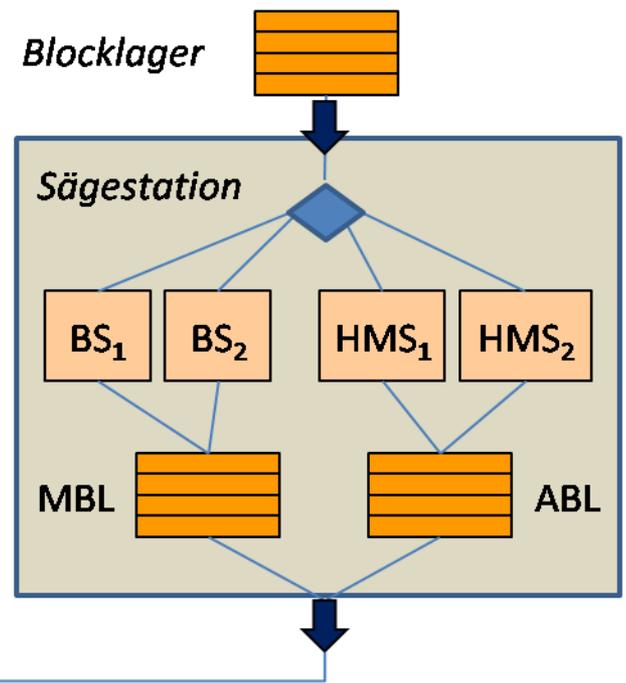
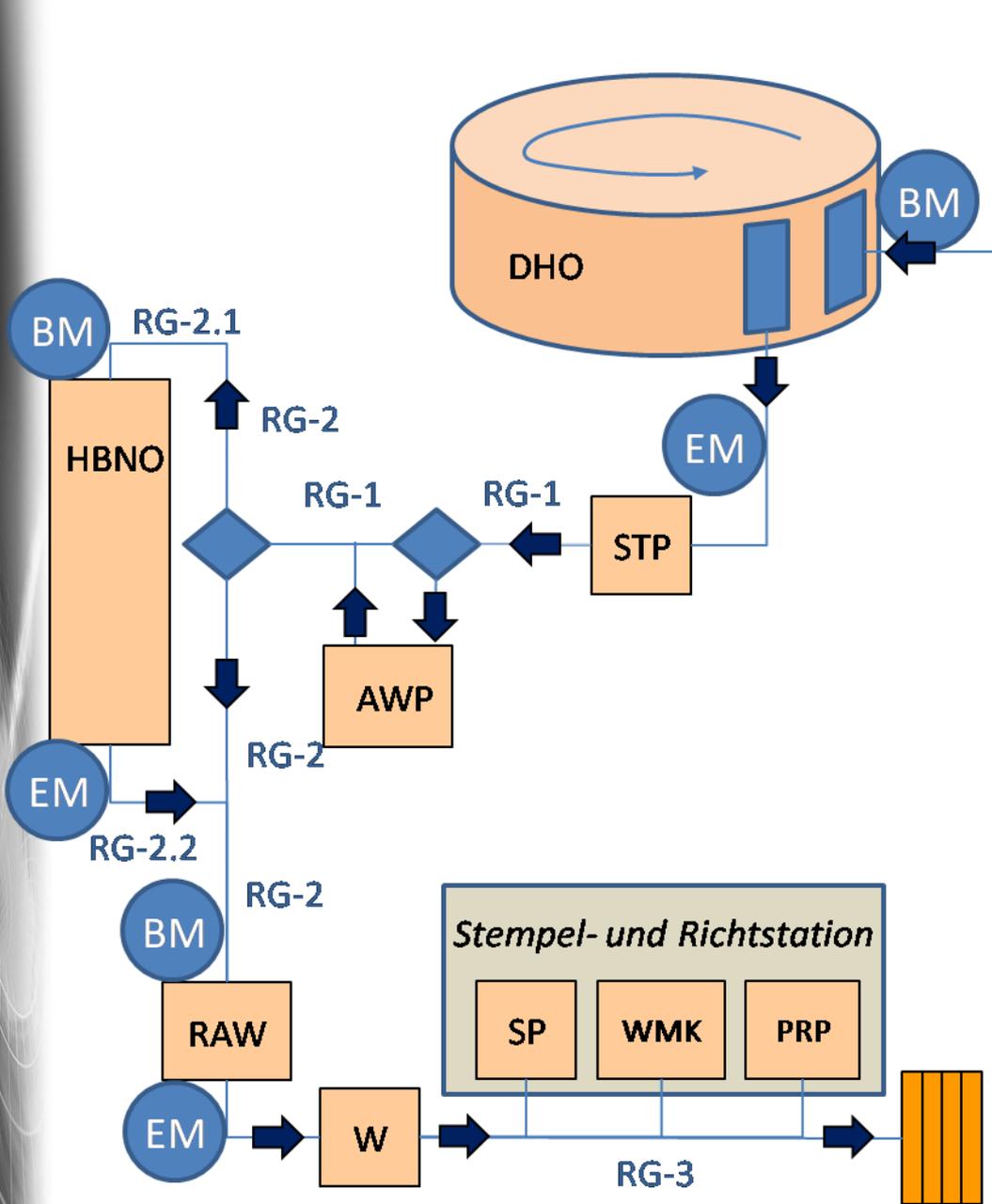
Ablauf: 8b. Die Plan-Richtpresse



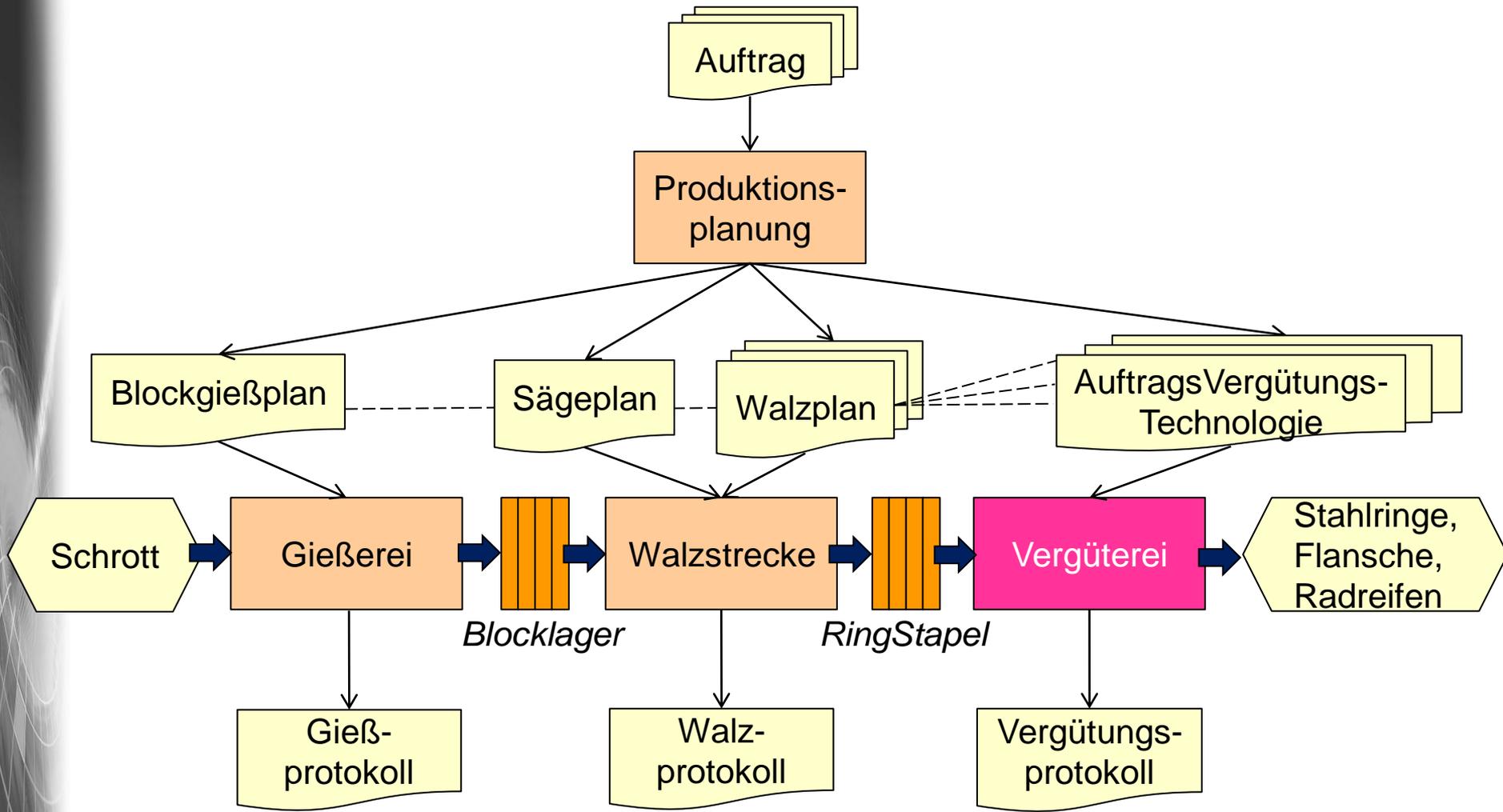
Ablauf: 8c. Manuelle Stempelung

und Ringstapelung





- HMS_i Hartmetallsäge i (i=1, 2)
- BS_i Bandsäge i (i= 1, 2)
- ABL automatisiertes Blöckchenlager
- MBL manuelles Blöckchenlager
- BM Belademaschine
- EM Entnahmemaschine
- DHO Dreh-Herdofen
- STP Stauchpresse
- HBNO Hubbalken-Nachwärmofen
- AWP Aufweitpresse
- RAW Radial-Axial-Walze
- W Waage
- SP Stempelpresse
- WMK Wärmemaßkontrolle
- PRP Planrichtpresse
- RG-i Rollgang i



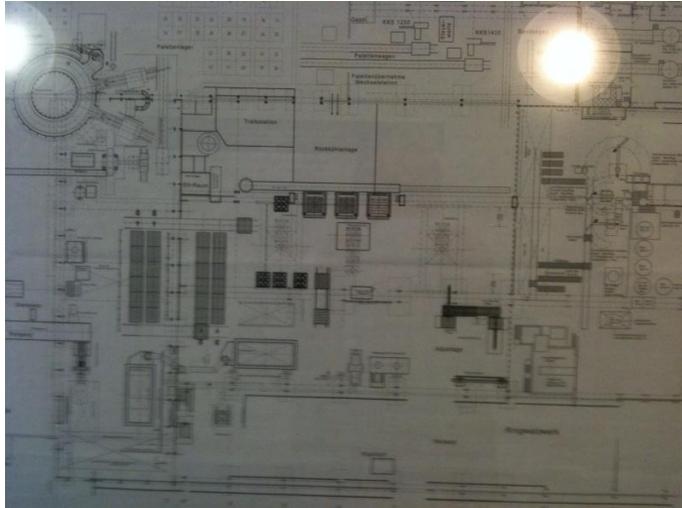
Die alte Vergüterei



Alter Glühofen



Der Plan einer neuen Vergütereier

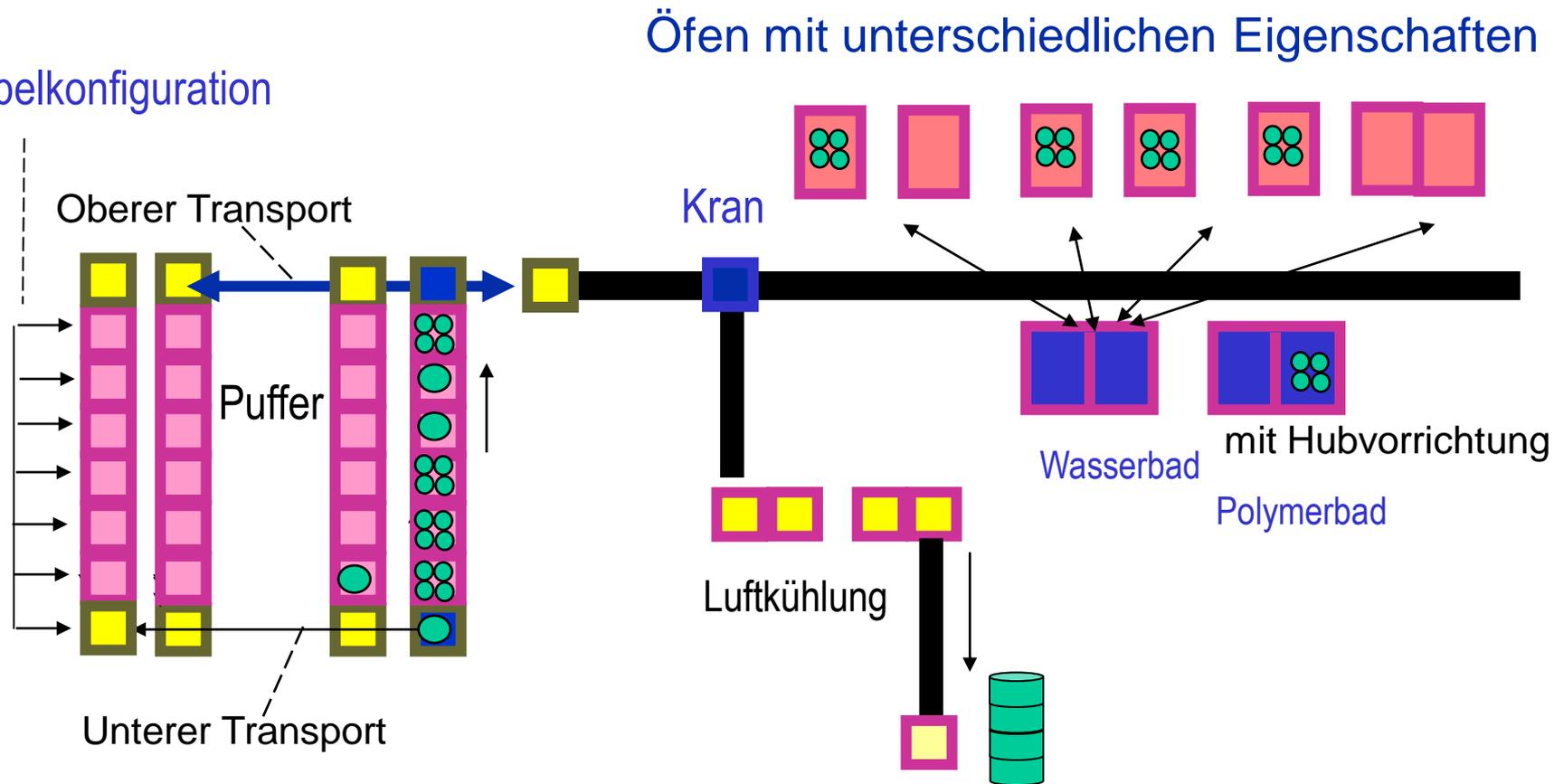


... entstand 2000



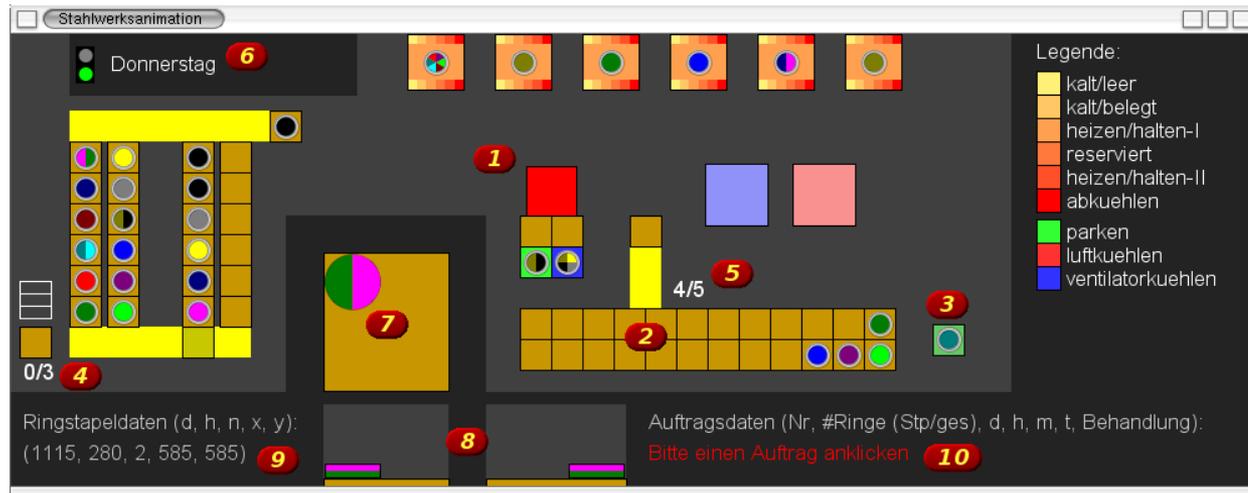
Problem: Nachweis der Wirtschaftlichkeit der neuen Vergütereier per Simulation

Stapelkonfiguration



- begrenzte Anzahl von Pufferplätzen, (Überlaufvermeidung!!!)
- Anzahl der Öfen und Bäder, rentieren sich Doppelkammeröfen?
- Sensitivität i.Abh. der Auftragsreihenfolge

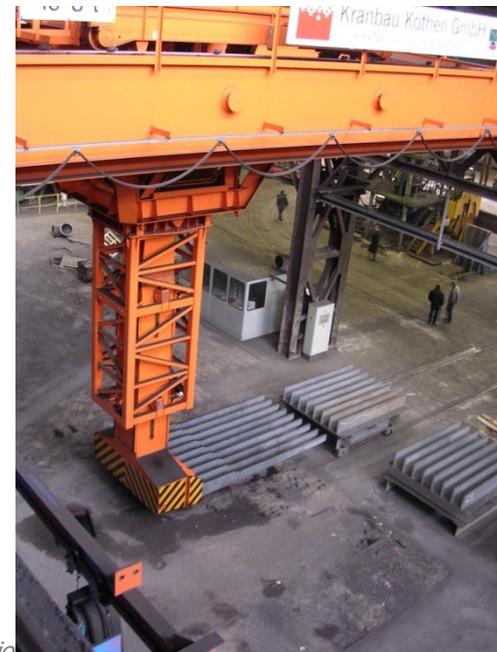
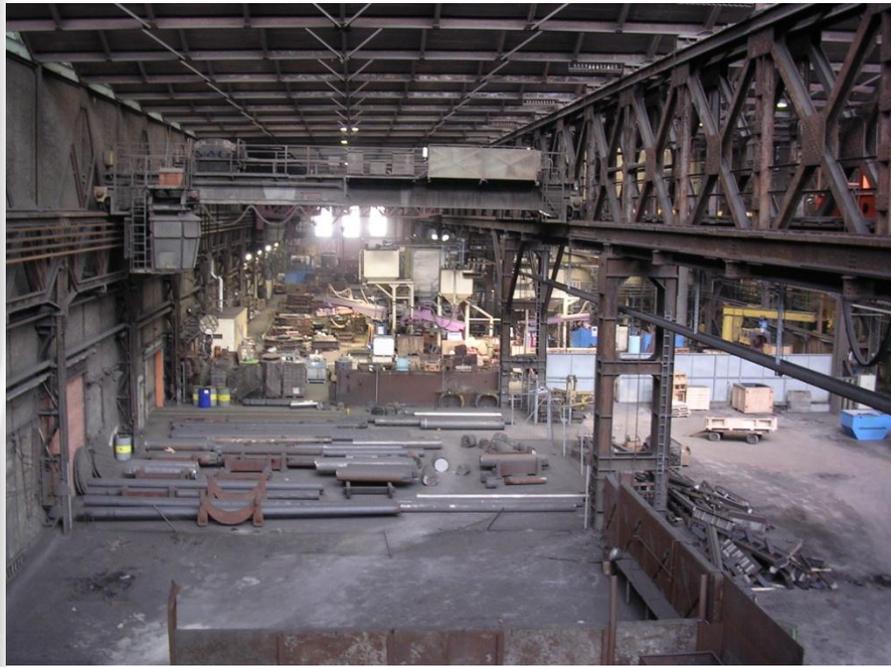
Simulation einer neuen Vergütereier



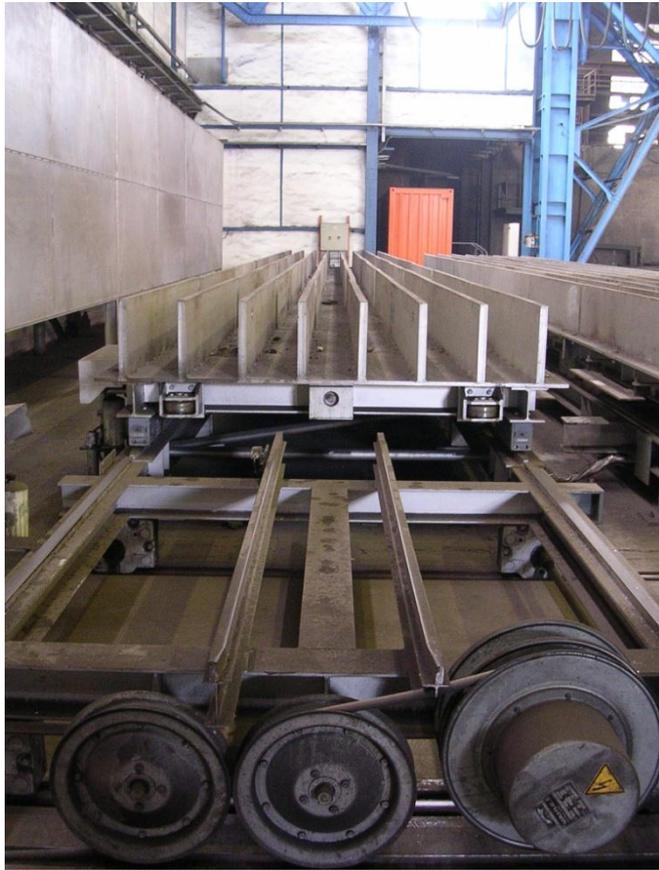
Nachweis:

- Walzwerk muss den Bedürfnissen der Vergütereier angepasst werden
- Doppelkammeröfen sind schlechter als Einzelkammeröfen
- Dreischichtbetrieb in der Vergütereier und Zwei-Schichtbetrieb des Walzwerkes ergeben einen vernünftigen Ablauf
- Zwischenpuffer bleibt sensibel

Investition und Umbau



Pufferstrecke, Leitstand, Schubzylinder



Die ersten neuen Öfen



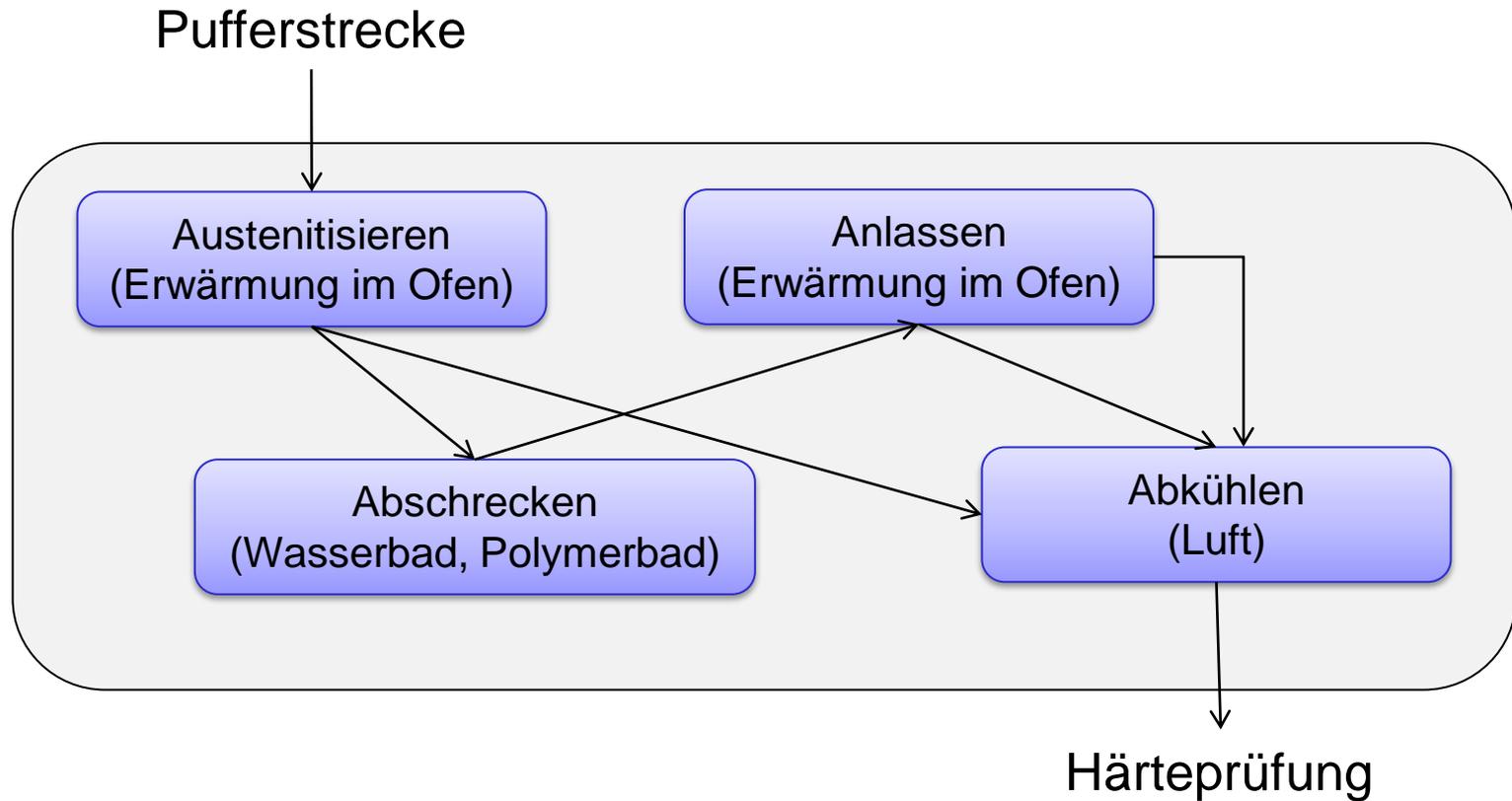
Ablauf: 9. Zusammenstellung einer Stapelgruppe

Die neue Vergüterei im Probetrieb



Ablauf: 10. Vergütung

~ variabel in Zeitdauer und Temperaturen



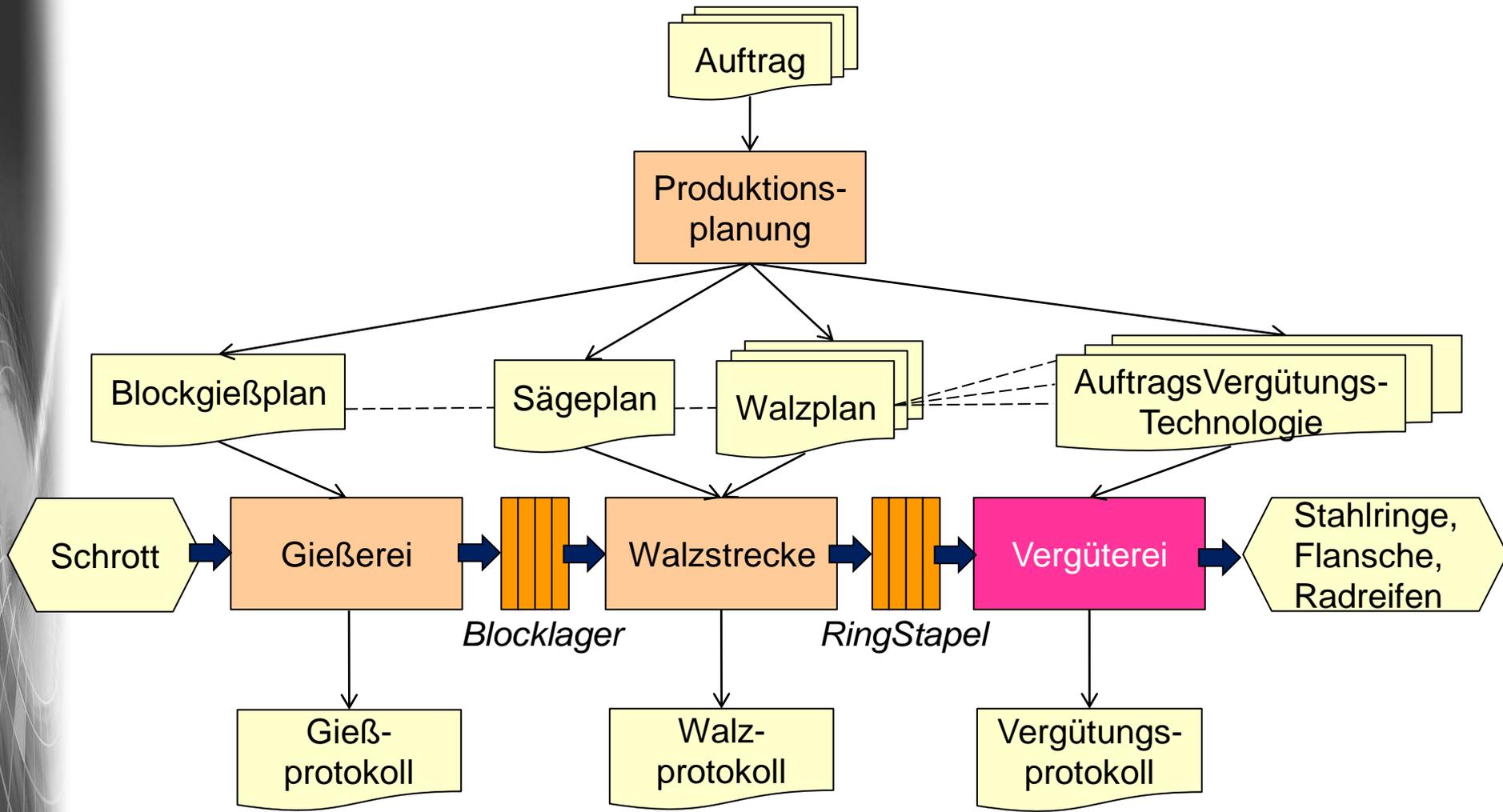
Ablauf: 11. Qualitätsprüfung

- Materialentnahme
- Ultraschalluntersuchung
- Röntgenuntersuchung

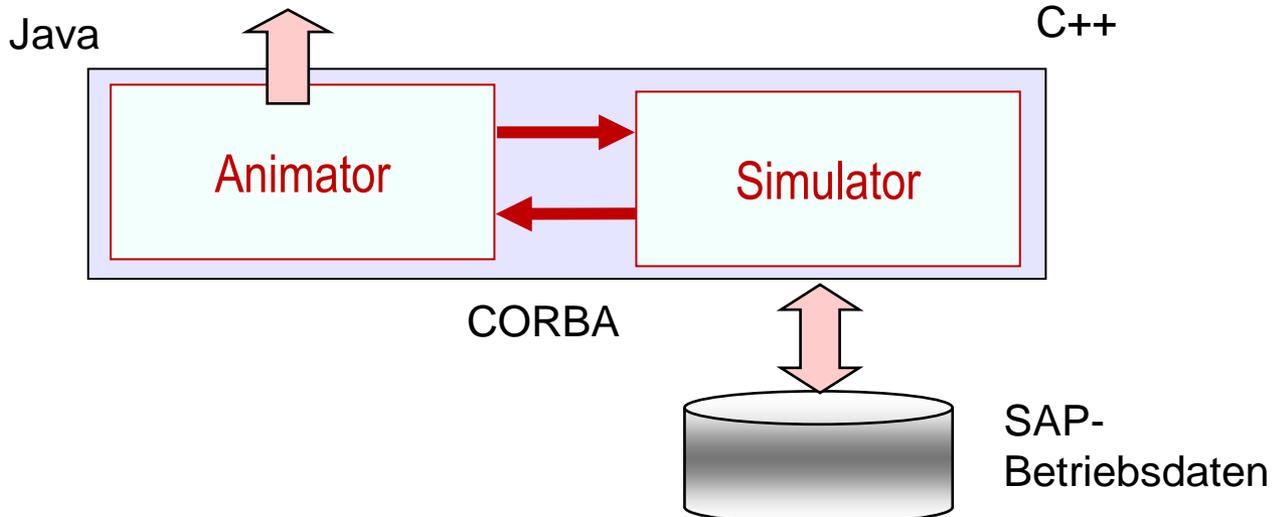
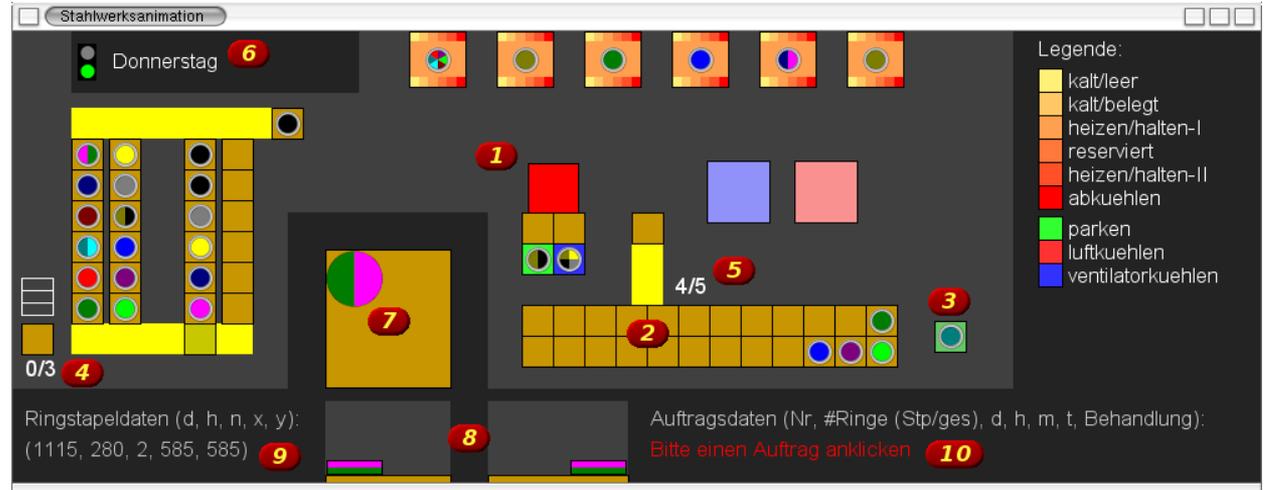


Ablauf: 12. Abtransport



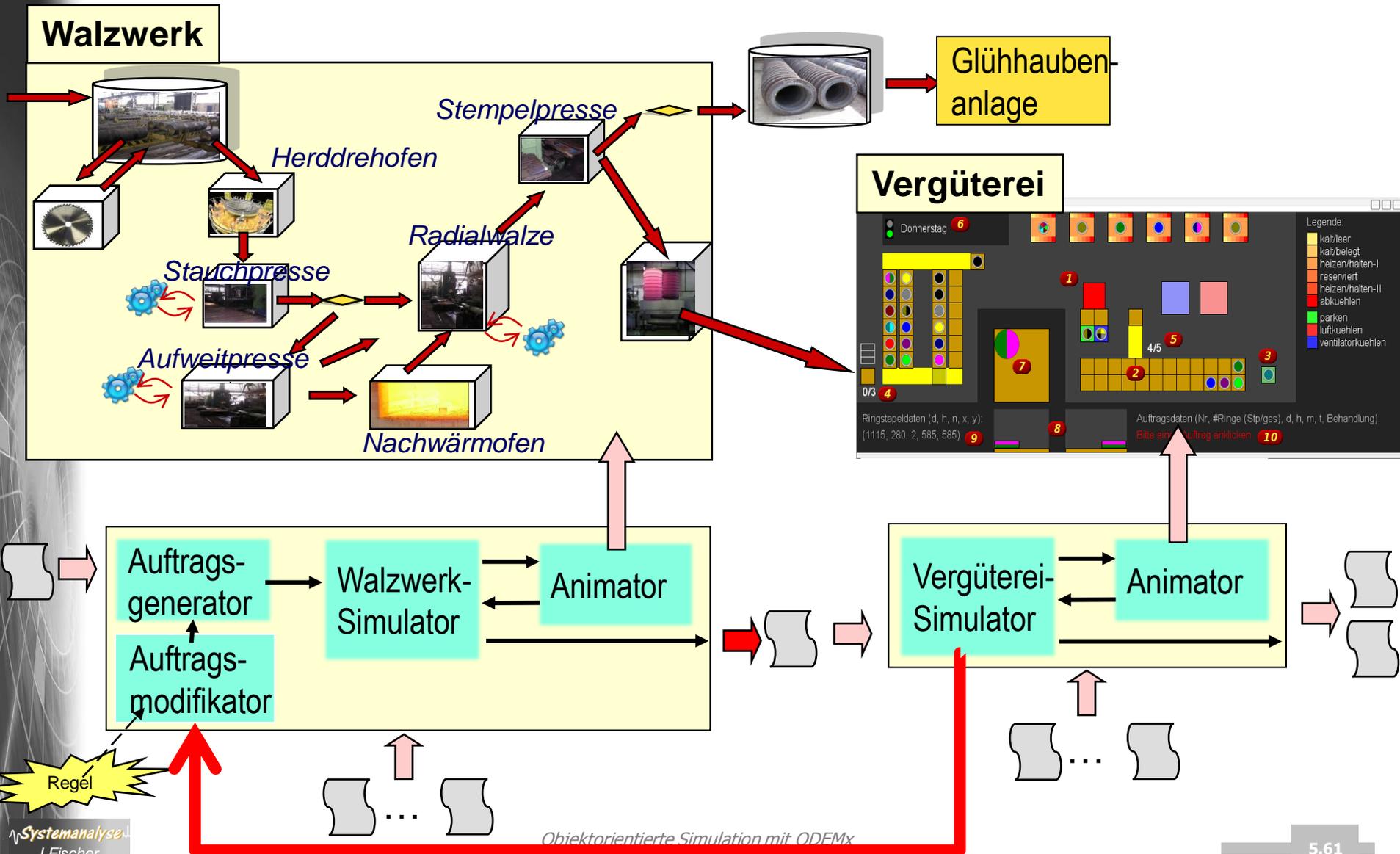


SimRing- eine spezifische Simulationsumgebung



Objektorientierte Simulation mit ODEMx

Geplante Erweiterung von SimRing



Generelle Klärungen

- Eingabe
 - Walz- und Sägepläne
 - Festlegung von Datenstrukturen
- Ausgabe
 - Report (Standard)
 - Nutzereigener Report
- Animation

Animator-Prototyp

The screenshot displays the 'Animator-Prototyp' software interface. The main window is titled 'Ringe in Platz 13' and contains a table with production parameters for three ring types (Ring 173, Ring 174, Ring 175). Below the table is a legend for abbreviations: M: Martensite, R: Ring, d: Durchmesser. The central part of the interface shows a process flow diagram with numbered steps (1-14) and icons representing different stages: Drehofen (9), Aufweitpresse (10), Nachwärmofen (11), Ofeneingang (5), Stauchpresse (8), RA-Walze (12), and Stempelpresse (13). A bar chart (6) is also visible. On the right side, there is a 'Geschwindigkeit' window showing the date '3.31.2008 7:58 Montag' and a 'Weiter' button. Below that is an 'Aufträge' window showing a tree structure of requests for 'Ring 1' and 'Ring 2', with various parameters like BF, d, h, m, Marke, and S:R d>1000.

Ring 173	Ring 174	Ring 175
Blockformat : 500	Blockformat : 500	Blockformat : 500
Ringdurchmesser : 2094	Ringdurchmesser : 2094	Ringdurchmesser : 2094
Ringhoehe : 146	Ringhoehe : 146	Ringhoehe : 146
Ringmasse : 738	Ringmasse : 738	Ringmasse : 738
Stahlmarke : 0	Stahlmarke : 0	Stahlmarke : 0
Sortiment : R d>1000	Sortiment : R d>1000	Sortiment : R d>1000

M : Martensite
R : Ring
d : Durchmesser

Einsatz in OMSI-2 noch offen

Grobes Zeitmodell

