



## Beispiel Fertigungsinseln

4.1.2006



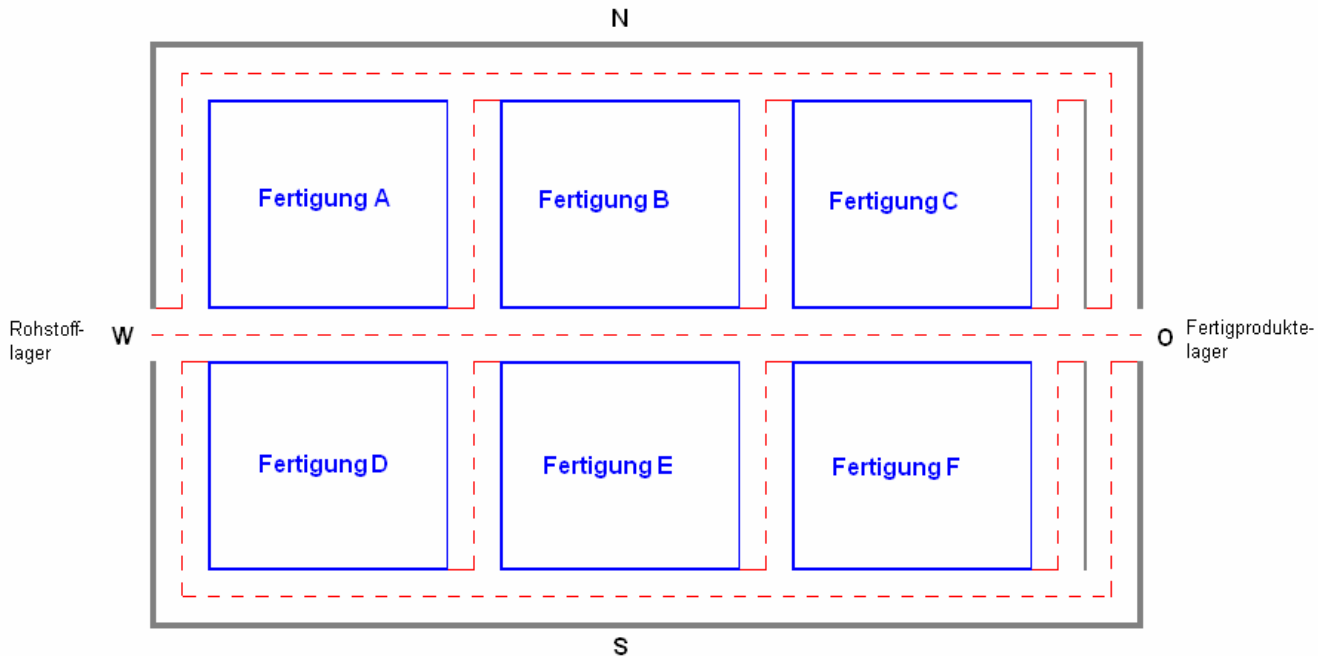
## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Situation</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Fragestellungen</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Modellaufbau</b>	<b>1</b>
3.1	Grundlegende Modellierung	1
3.2	Eingabe der Matrizen	4
<b>4</b>	<b>Auswertungen</b>	<b>8</b>
4.1	Resultat des ersten Modells	8
4.2	Variante 01	9
4.3	Variante 02	10
<b>5</b>	<b>Weitere mögliche Fragestellungen</b>	<b>11</b>



## 1 Situation

In einer Produktionshalle werden in 6 Fertigungsinseln aus Rohstoffen Fertigprodukte hergestellt. Die Rohstoffe werden aus dem Rohstofflager herangeführt, die Fertigprodukte werden ins Fertigproduktelager weggeführt. Alle Teile werden mit Fahrzeugen auf Strassen in der Produktionshalle transportiert. Die Fahrzeuge laden an der Ostseite der Fertigungsinseln die Rohstoffe ab und nehmen dort die Fertigprodukte auf.



## 2 Fragestellungen

- Reicht die Transportleistung, um die Inseln zu beliefern und die Fertigprodukte wegzuführen?
- Welches sind die optimalen Fahrwege?

## 3 Modellaufbau

### 3.1 Grundlegende Modellierung

Die Modelldateien sind unter [www.magnin-simulation.ch/materialfluss.htm](http://www.magnin-simulation.ch/materialfluss.htm) verfügbar.

#### Artikel

In *Materialfluss* gibt es *Artikel*, welche das Material repräsentieren.

In diesem Falle werden *Fahrzeuge* als Grundeinheit gewählt. Jeder Artikel entspricht einem Fahrzeug. Das Ziel der Berechnungen ist, zu erkennen, ob eine Strasse pro Zeiteinheit (z.B. pro Stunde) zu stark befahren wird. Dafür ist die Anzahl Fahrzeuge pro Zeiteinheit massgebend.

Ein Fahrzeug, das eine Fahrt vom Rohstofflager zur Fertigungsinsel A macht, ist ein Artikel, der im Beispiel *ARohstoff* genannt wird.

Die Artikel *ARohstoff* werden modellmässig im Rohstofflager erzeugt und enden in der Fertigungsinsel A.

Ein Fahrzeug, das eine Fahrt von der Fertigungsinsel A zum Fertigproduktelager macht, ist ein Artikel, der *AFertig* genannt wird.

Analog werden Artikel für die Inseln B bis F definiert.

Ein zusätzlicher Artikel *Leer* repräsentiert Leerfahrten.

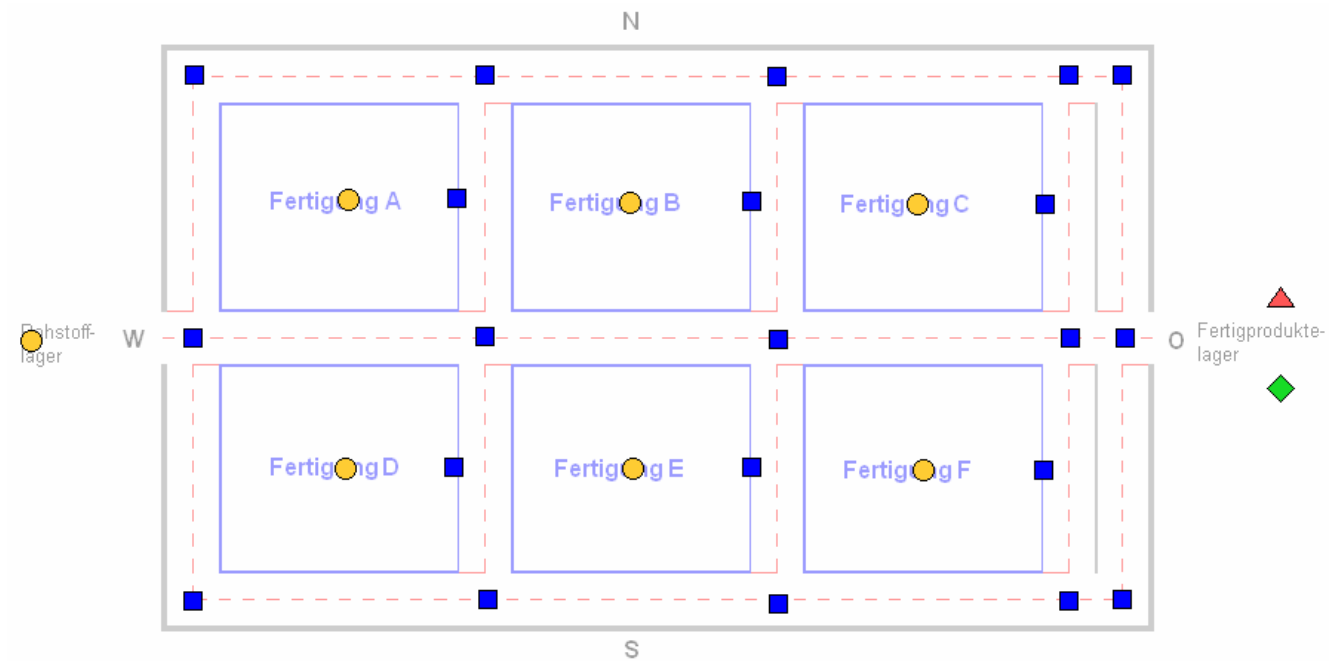


## Struktur

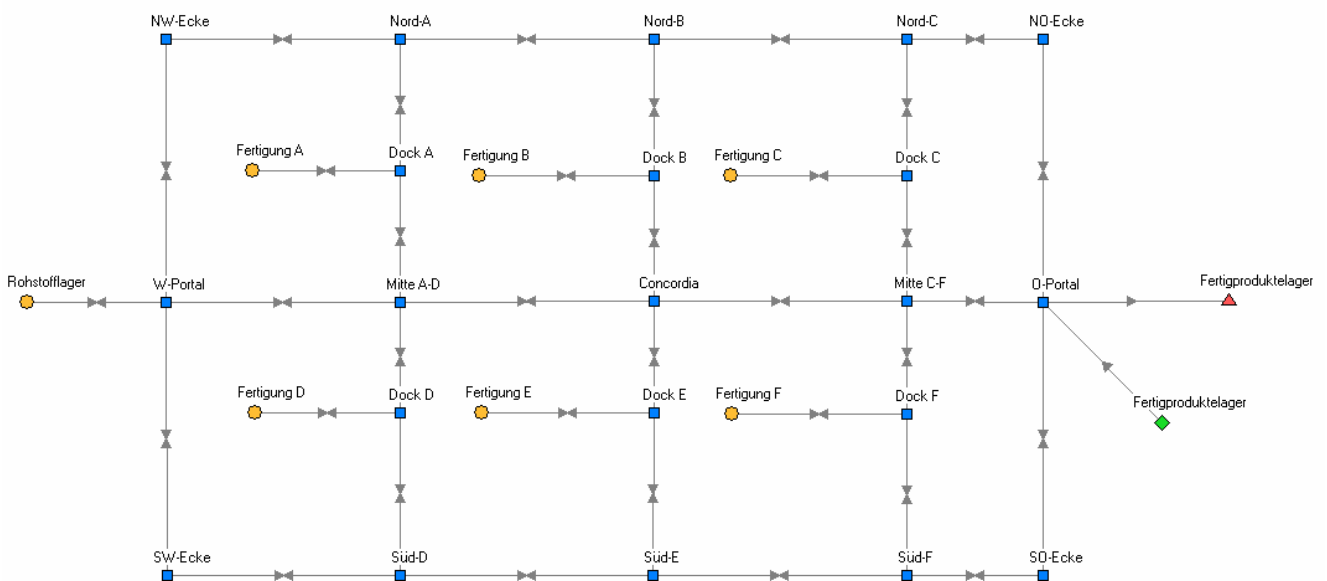
Ein Materialflussmodell besteht Quellen, Senken und Verzweigungen. Dies sind Stellen, an denen „etwas“ mit den Artikeln geschieht.

„Etwas“ bedeutet in diesem Zusammenhang:

- Artikel treten ins Modell ein
  - Artikel verschwinden aus dem Modell
  - Artikel wählen einen aus mehreren möglichen Wegen
  - Artikel werden in andere umgewandelt
- ◆ Quelle
  - ▲ Senke
  - Verzweigung
  - Wandler



Die Quellen, Senken, Verzweigungen und Wandler, im folgenden Knoten genannt, werden mit Wegen verbunden, und es entsteht das folgende Modell:



Die Knoten werden mit einem aussagekräftigen Namen versehen, damit man sie in den Matrizen leichter erkennt.



## Quellen

Im Fertigproduktelager sollten 30 Fahrzeuge pro Stunde mit Fertigprodukten ankommen. Diese werden dort entladen und wandeln sich in leere Fahrzeuge um. An dieser Stelle sollte eigentlich ein Wandler in das Modell eingebaut werden, der aus Fahrzeugen mit Fertigprodukten je ein leeres macht. An einer Stelle im Modell muss aber eine Quelle und eine Senke sein. An diesen wird die Grösse des Materialflusses eingestellt. In diesem Beispiel wird das am einfachsten beim Fertigproduktelager eingestellt. Die Quelle schickt pro Stunde 30 leere Fahrzeuge Richtung Fertigung und Rohstofflager. „Pro Stunde“ wurde hier gewählt, weil es eine gute Einheit in diesem Falle ist. Man kann diese Einheit beliebig wählen, aber nicht verschiedene Einheiten im gleichen Modell mischen.



## Senken

Entsprechend „verschwinden“ alle Fahrzeuge mit Fertigprodukten in der Senke *Fertigproduktelager*. Bei einer Senke kann und muss nichts eingestellt werden.

## Wandler

### *Rohstofflager*

Die leeren Fahrzeuge, welche im Rohstofflager ankommen, werden dort mit Rohstoffen beladen und fahren dann als *ARohstoff* zur Fertigung A. Genauso „entstehen“ im Modell die übrigen Rohstoffe B bis C. Aus 1/6 der leeren Fahrzeuge entstehen mit *ARohstoff* beladene Fahrzeuge.





## Fertigung

In der Fertigung werden aus Rohstoffen Fertigprodukte hergestellt.  
Im vorliegenden Beispiel wird davon ausgegangen, dass aus 4 Fahrzeug mit Rohstoffen 5 Fahrzeuge mit Fertigprodukten entstehen.  
Das bedeutet, dass pro 4 Fahrzeugen mit Rohstoffen 1 leeres Fahrzeug herangeführt werden muss.

Artikel	Faktor
ARohstoff	0
AFertig	0
Leer	0
BRohstoff	0
BFertig	0
CRohstoff	0
CFertig	0
DRohstoff	0
DFertig	0
ERohstoff	0
EFertig	0
FRohstoff	0
FFertig	0

Artikel	Faktor
ARohstoff	0
AFertig	0
Leer	0
BRohstoff	0
BFertig	0
CRohstoff	0
CFertig	0
DRohstoff	0
DFertig	0
ERohstoff	0
EFertig	0
FRohstoff	0
FFertig	0

Artikel	Faktor
ARohstoff	1.25
AFertig	0
Leer	0
BRohstoff	0
BFertig	0
CRohstoff	0
CFertig	0
DRohstoff	0
DFertig	0
ERohstoff	0
EFertig	0
FRohstoff	0
FFertig	0

Rohstoffe und Leerfahrzeuge verschwinden an dieser Stelle, Fertigprodukte entstehen.

## Matrizen

An jedem Knoten muss vorgegeben werden, welchen wegführenden Weg ein Fahrzeug nehmen soll. Diese Angaben entsprechen den Regeln nach denen die Fahrer oder die Steuerung, bei automatischen Fahrzeugen, ihren Weg wählen.

Bereits bei einem einfachen Problem gibt es viele Möglichkeiten und man muss deshalb Grundsätze aufstellen:

- Die Rohstoffe werden vom W-Portal aus über die mittlere Strasse angeliefert und dann zu den Fertigungsinseln gebracht.
- Die Fertigprodukte werden über die beiden Aussenstrassen weggeführt und zum O-Portal gebracht.
- Die leeren Fahrzeuge fahren über die mittlere Strasse Richtung Rohstofflager zurück. Werden sie unterwegs bei einer Fertigungsinsel gebraucht, biegen sie entsprechend ab.

## 3.2 Eingabe der Matrizen

### ARohstoff

ARohstoff kommt aus dem Rohstofflager.

Beim Westportal fahren diese Fahrzeuge geradeaus. D.h. Fahrzeuge mit Ziel *Fertigung A* nehmen aus allen Richtungen kommend den Weg nach *Mitte A-D*.

Artikel	Eingang von	NW-Ecke	Mitte A-D	SW-Ecke	Rohstofflager
Ausgang nach	Artikelstrom	0.0	0.0	0.0	4.0
NW-Ecke	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
Mitte A-D	4.0	100.0	0.0	100.0	100.0
SW-Ecke	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Rohstofflager	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Einzige Ausnahme: Fahrzeuge, die von *Mitte A-D* kommen, werden in die NW-Ecke geschickt. Diese Fahrzeuge sind wahrscheinlich einem Problem ausgewichen und machen eine Ehrenrunde.



Bei *Mitte A-D* nehmen die Fahrzeuge den Weg zur Fertigung A. Als Ausnahme werden wieder die behandelt, welche von dort kommen. Diese werden auf eine Ehrenrunde geschickt.

	Eingang von	W-Portal	Dock A	Dock D	Concordia
Ausgang nach	Artikelstrom	4.0	0.0	0.0	0.0
Concordia	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dock A	4.0	100.0	0.0	100.0	100.0
Dock D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
W-Portal	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0

Beim der *Dock A* werden alle Fahrzeuge zur *Fertigung A* geschickt, wo ihr Weg endet.

	Eingang von	Nord-A	Mitte A-D	Fertigung A
Ausgang nach	Artikelstrom	0.0	4.0	0.0
Mitte A-D	0.0	0.0	0.0	100.0
Nord-A	0.0	0.0	0.0	0.0
Fertigung A	4.0	100.0	100.0	0.0

Bei allen übrigen Knoten muss die Matrix ausgefüllt werden, bevor die erste Rechnung durchgeführt werden kann. Beim Ausfüllen werden die aufgestellten *Grundsätze* beachtet.

### Beispiel Süd-E

	Eingang von	Süd-D	Dock E	Süd-F
Ausgang nach	Artikelstrom	0.0	0.0	0.0
Süd-F	0.0	0.0	0.0	0.0
Dock E	0.0	100.0	0.0	100.0
Süd-D	0.0	0.0	100.0	0.0

Die Rohstoffe werden via *Dock E* zur mittleren Strasse geschickt.



### Leere Fahrzeuge

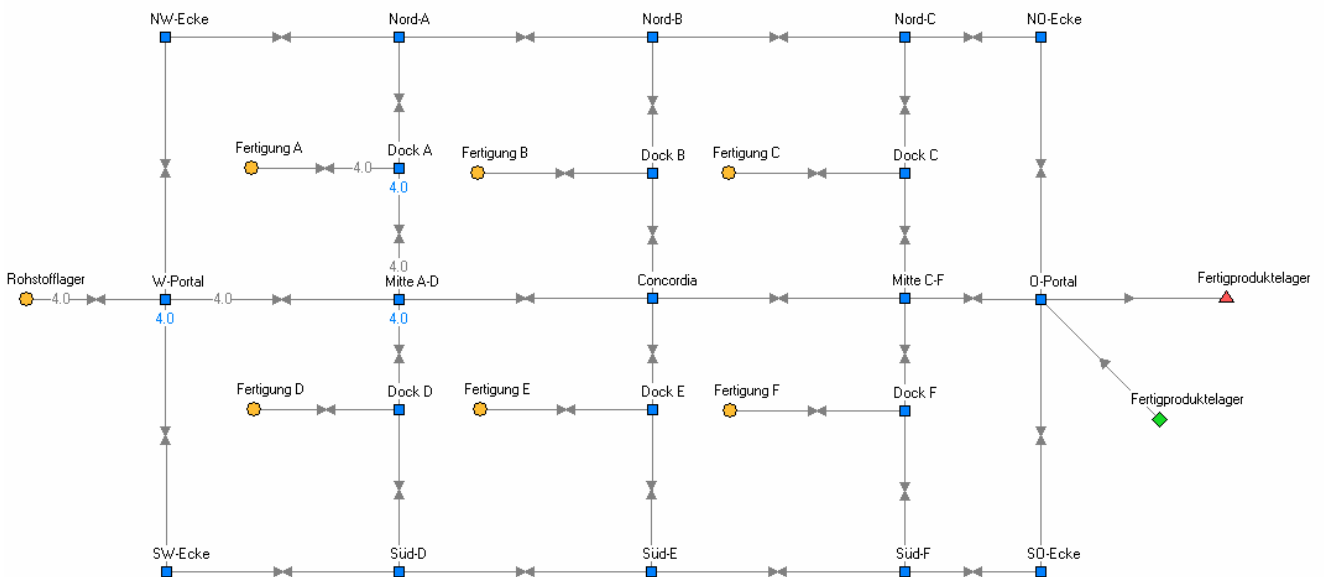
Pro Stunde kommen 30 Fahrzeuge ins das Fertigproduktelager und verlassen dieses als leeres Fahrzeug. In jeder der 6 Fertigungsinseln entstehen also pro Stunde 5 Fahrzeuge mit Fertigprodukten, wovon 4 aus Fahrzeugen mit Rohstoffen entstehen. Es muss also eines als Leerfahrzeug zugeführt werden.

Das ergibt in z.B. in *Mitte C-F* die folgenden Eingaben:

Artikel		Leer				
	Eingang von	Concordia	Dock C	O-Portal	Dock F	
Ausgang nach	Artikelstrom	0.0	0.0	30.0	0.0	
Dock C	1.0	50.0	0.0	3.3	0.0	
O-Portal	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Dock F	1.0	50.0	0.0	3.3	0.0	
Concordia	28.0	0.0	100.0	93.3	100.0	

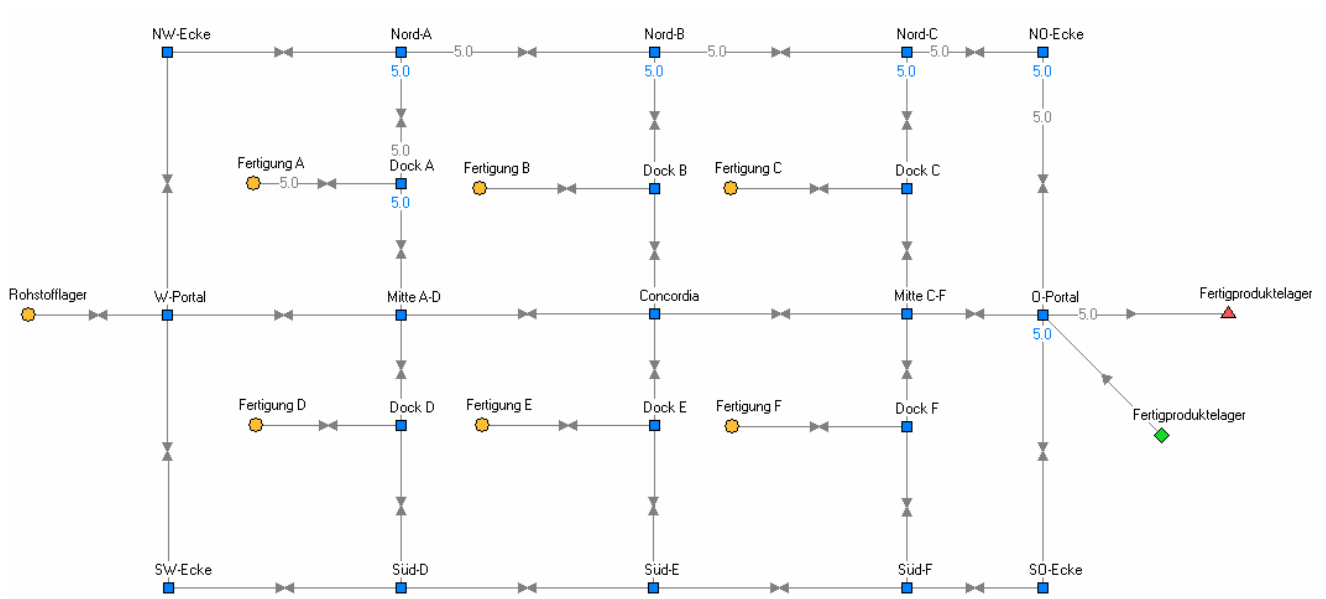
Nach Eingabe der Matrizen für alle Artikel kann kontrolliert werden, ob der Materialfluss artikelweise und gesamthaft berechnet werden:

### ARohstoff

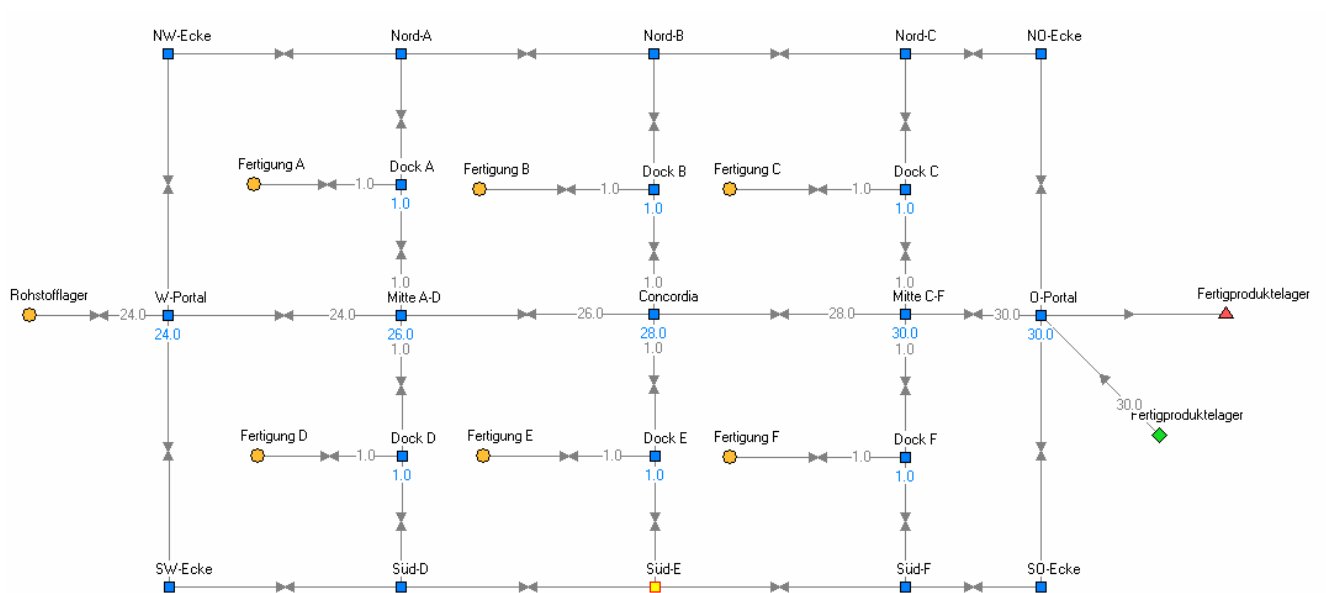




### AFertig



### Leer

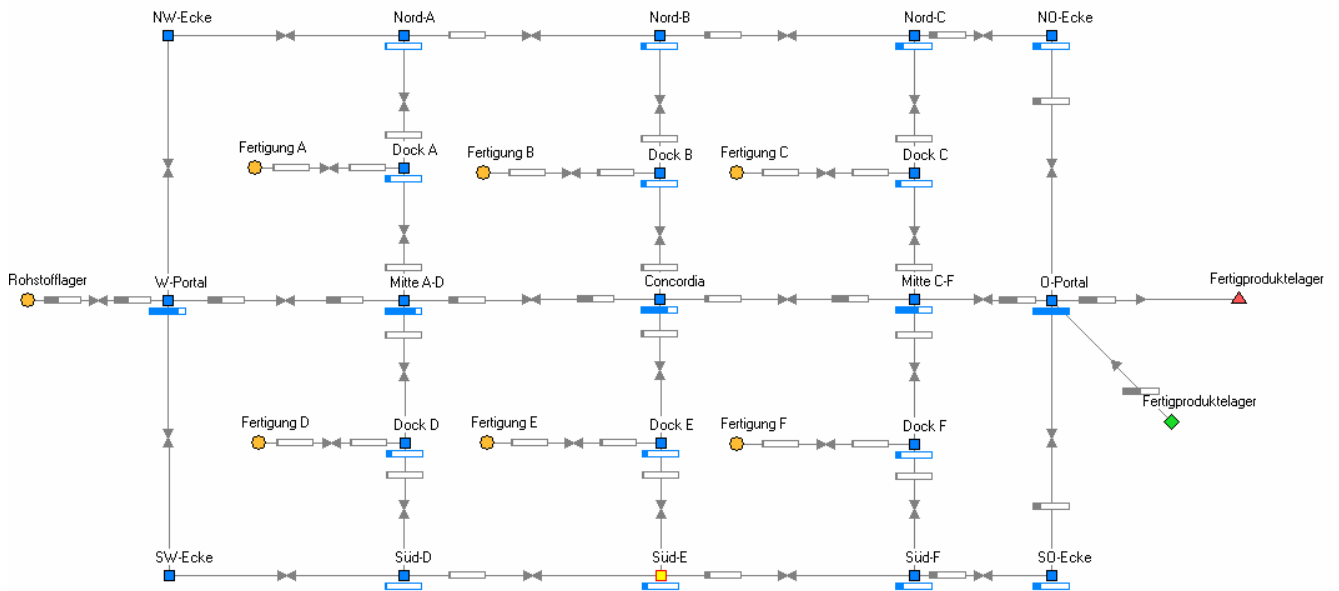




## 4 Auswertungen

### 4.1 Resultat des ersten Modells

#### Gesamter Materialfluss



Aus diesen ersten einfachen Rechnungen sieht man sofort, dass die Regeln modifiziert werden müssen. Die die mittlere Strasse ist wesentlich mehr belastet als die äussere.

Nebenbei: Die Belastung der Kreuzungen wird blau dargestellt, die der Wege grau.



## 4.2 Variante 01

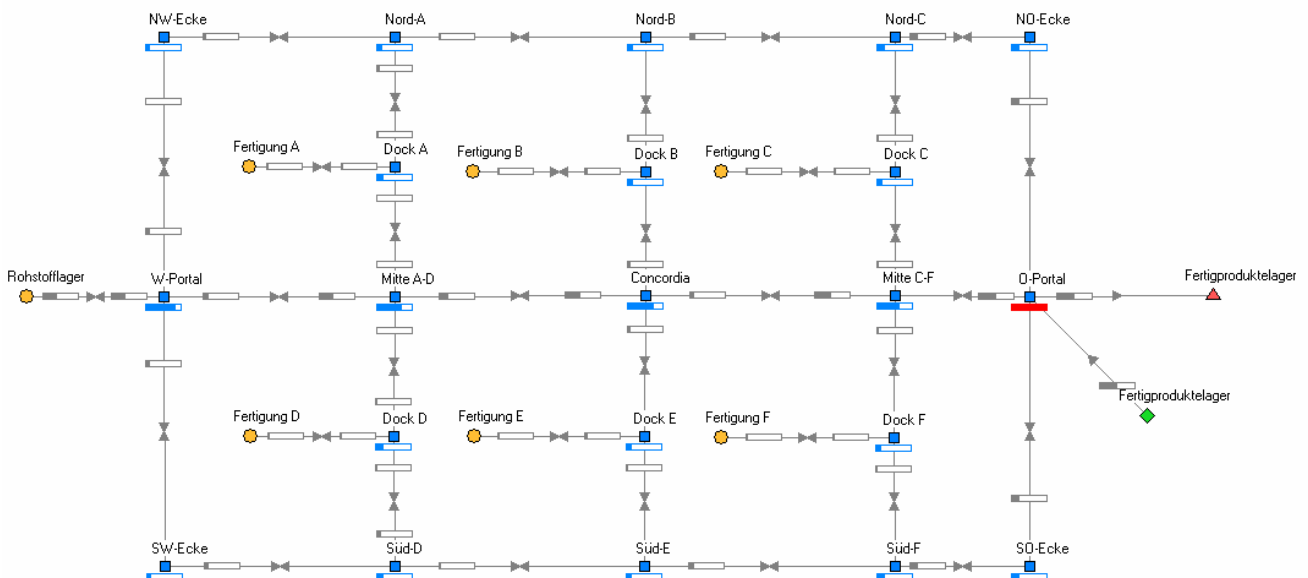
Die Zuführung der Rohstoffe A,B,D und E wird neu über die NW- bzw. SW-Ecke gemacht. Dazu müssen die Matrizen in *W-Portal* geändert werden:

Artikel	A Rohstoff
Ausgang nach	Artikelstrom
NW-Ecke	4.0
A-D Mittelstrasse	0.0
SW-Ecke	0.0
Rohstofflager	0.0

Eingang von	NW-Ecke	A-D Mittelstrasse	SW-Ecke	Rohstofflager
NW-Ecke	0.0	100.0	100.0	100.0
A-D Mittelstrasse	100.0	0.0	0.0	0.0
SW-Ecke	0.0	0.0	0.0	0.0
Rohstofflager	0.0	0.0	0.0	0.0

Es ergibt sich folgender gesamter Materialfluss:



Die Belastung in der mittleren Strasse kommt hauptsächlich von den leeren Fahrzeugen, die zum Rohstofflager fahren. Dies kann geändert werden, indem z.B. die leeren Fahrzeuge am Ostportal je zu 50% zur NO-Ecke bzw. zur SO-Ecke geschickt werden.

Nebenbei: Beim O-Portal wurde eine Kapazität von 55 eingegeben.

Name	O-Portal
Kapazität	55.0

Diese wird überschritten und deshalb wird der Strom an dieser Stelle rot dargestellt.



### 4.3 Variante 02

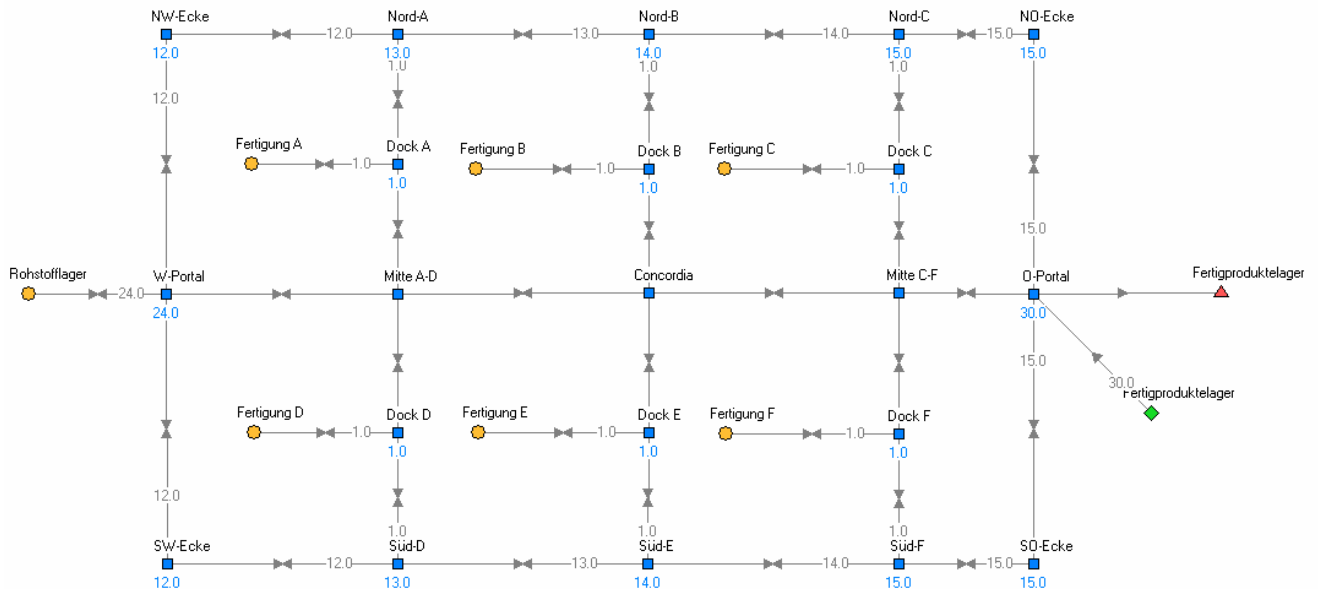
Die leeren Fahrzeuge werden am O-Portal nicht mehr über die mittlere Strasse sondern aussen herum geschickt. Dazu muss die Matrix beim Ostportal wie folgt geändert werden:

Artikel	Leer				
Ausgang nach	Eingang von	Mitte C-F	SO-Ecke	NO-Ecke	Fertigproduktelager
Mitte C-F	0.0	0.0	100.0	100.0	0.0
Fertigproduktelager	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SO-Ecke	15.0	50.0	0.0	0.0	50.0
NO-Ecke	15.0	50.0	0.0	0.0	50.0

Auch bei den Abzweigungen zu den Docks müssen die entsprechenden Änderungen gemacht werden:

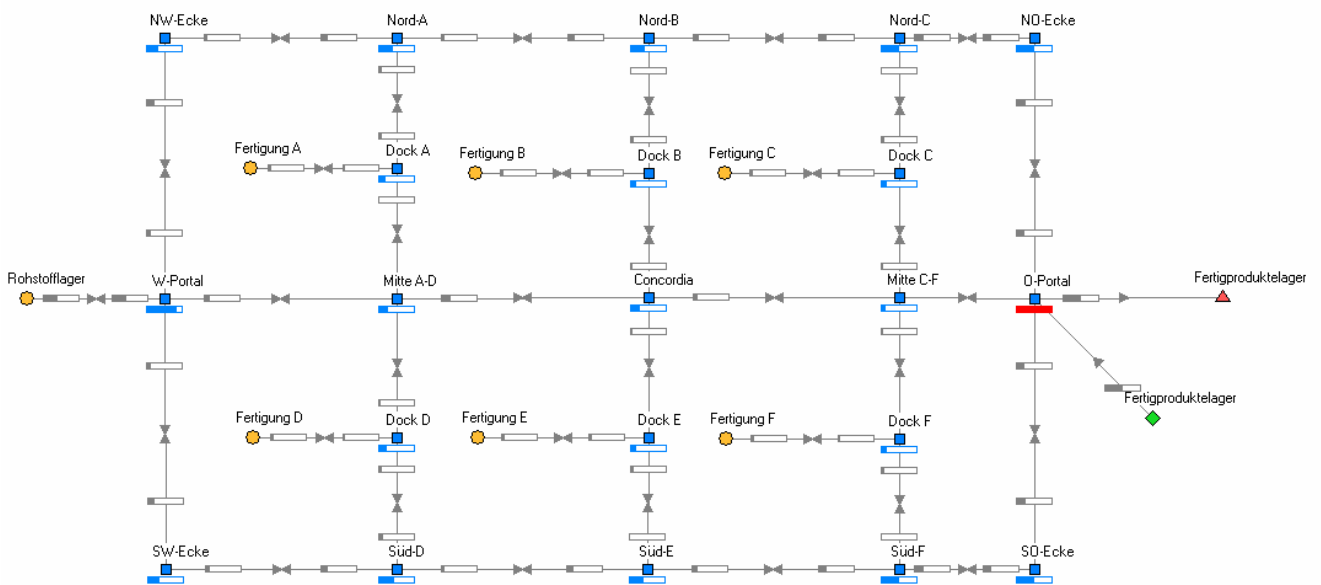
Artikel	Leer			
Ausgang nach	Eingang von	Nord-B	Dock C	NO-Ecke
Dock C	1.0	0.0	0.0	6.6
Nord-B	14.0	100.0	100.0	93.4
NO-Ecke	0.0	0.0	0.0	0.0

Kontrolle, ob die leeren wirklich richtig fahren:





## Gesamter Materialfluss



Damit ist die Belastung wesentlich besser verteilt als beim ersten Modell.

## 5 Weitere mögliche Fragestellungen

- Welche Regeln sollen bei Störungen, z.B. Blockierung einer Strasse gelten?
- Wie ändert sich die Transportleistung bei unsymmetrischer Last, z.B. wenn in A mehr als in B produziert wird?