

# Methode zur Berechnung komplexer Transportketten in der Landwirtschaft

Winfried Fechner

Naturwissenschaftliche Fakultät III  
Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften  
Institutsbereich Agrartechnik



MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT  
HALLE-WITTENBERG



Winfried Fechner  
Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften  
Institutsbereich Agrartechnik

01. März 2016

# GLIEDERUNG

- Einleitung
- Struktur von Transportketten
- Beispiele für Erntekomplexe
- Berechnungsmethode
- Ergebnisse



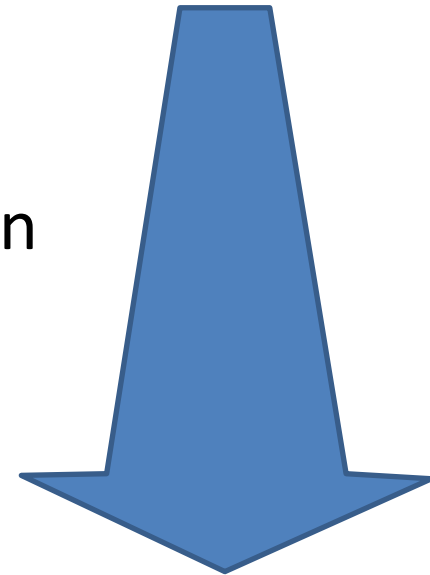
# EINLEITUNG

Transportverfahren  
in Abhängigkeit von Kapazitätsanforderung und Arbeitsteilung

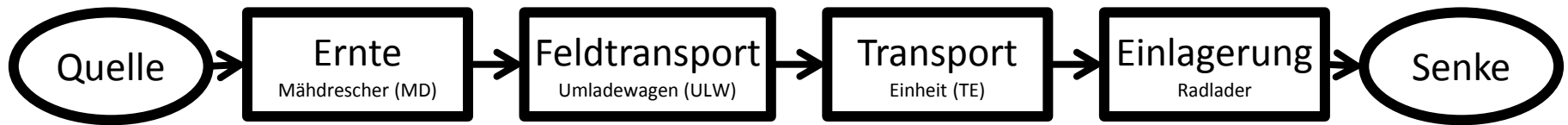
I. Ein-Mann-Verfahren

II. Transportverbundene Fließarbeitsverfahren

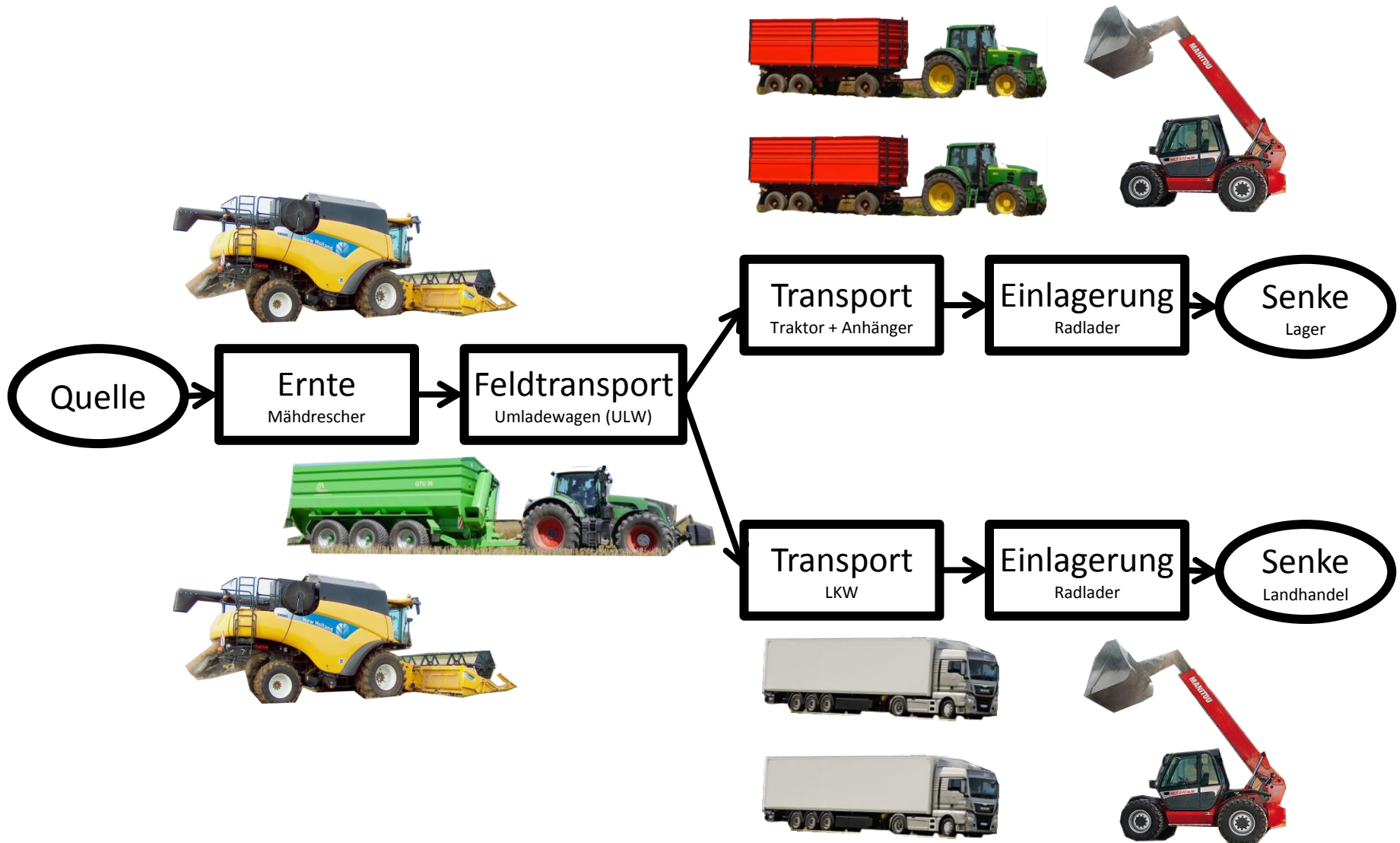
III. Mehrstufige Transportverfahren



# MEHRSTUFIGE TRANSPORTKETTEN



# VERZWEIGTE TRANSPORTKETTEN



# TRANSPORTKETTEN MIT ERNTEMASCHINEN UNTERSCHIEDLICHEN TYPIS



**Ernte**  
Mähdrescher Typ 1



**Feldtransport**  
Umladewagen (ULW)

**Transport**  
Einheit (TE)

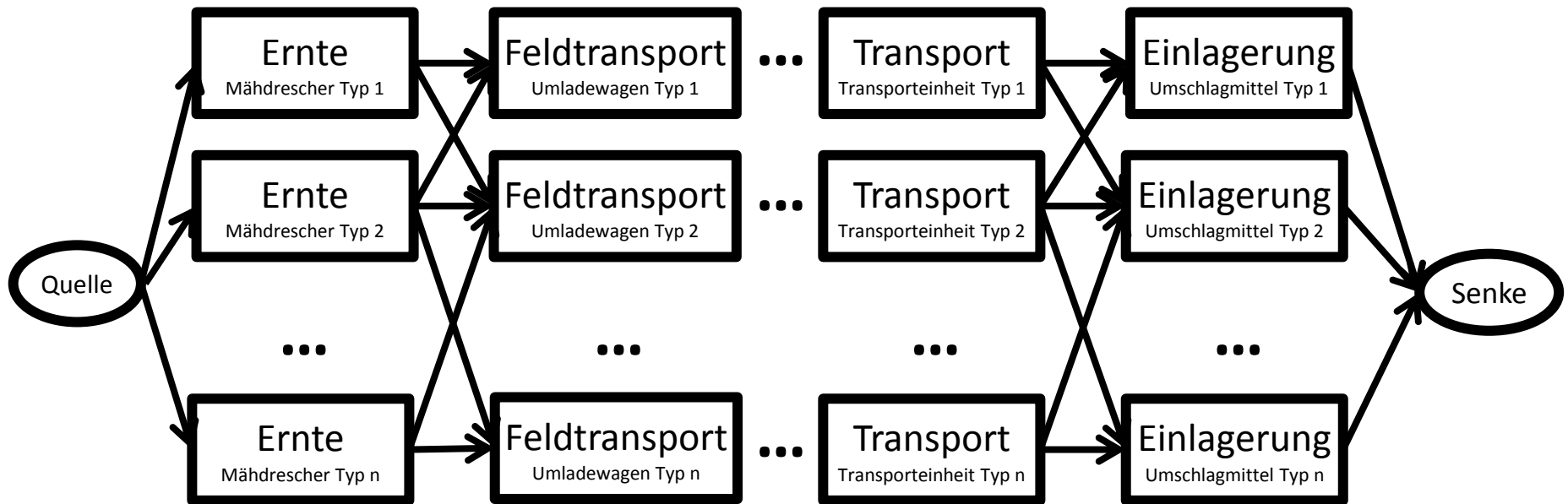
**Einlagerung**  
Radlader

**Senke**

**Ernte**  
Mähdrescher Typ 2



# TRANSPORTKETTEN ALLGEMEIN





# FÜR DIE ERNTE ZUR VERFÜGUNG STEHENDE ERNTEMASCHINEN UND TRANSPORTFAHRZEUGE





# EINSATZVARIANTE 1

Dreschen in separaten Beeten und Transport zum Landhandel





# EINSATZVARIANTE 1

Dreschen in separaten Beeten und Transport zum Landhandel

2 Mähdrescher Typ A

2 Mähdrescher Typ B

1 Umladewagen Typ A

1 Umladewagen Typ B

3 Transporteinheiten Typ A

3 Transporteinheiten Typ B

Landhandel





# EINSATZVARIANTE 2

Dreschen auf separaten Feldern mit unterschiedlichem Transportziel





# EINSATZVARIANTE 2

Dreschen auf separaten Feldern mit unterschiedlichem Transportziel

2 Mähdrescher Typ A



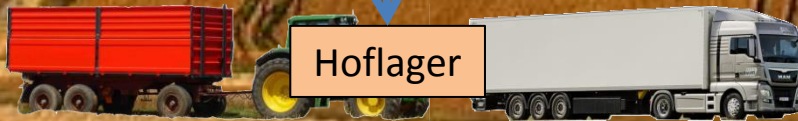
1 Umladewagen Typ A



1 TE Typ A

1 TE Typ B

Hoflager



2 Mähdrescher Typ B



1 Umladewagen Typ B



2 TE Typ A

2 TE Typ B

Landhandel





# EINSATZVARIANTE 3

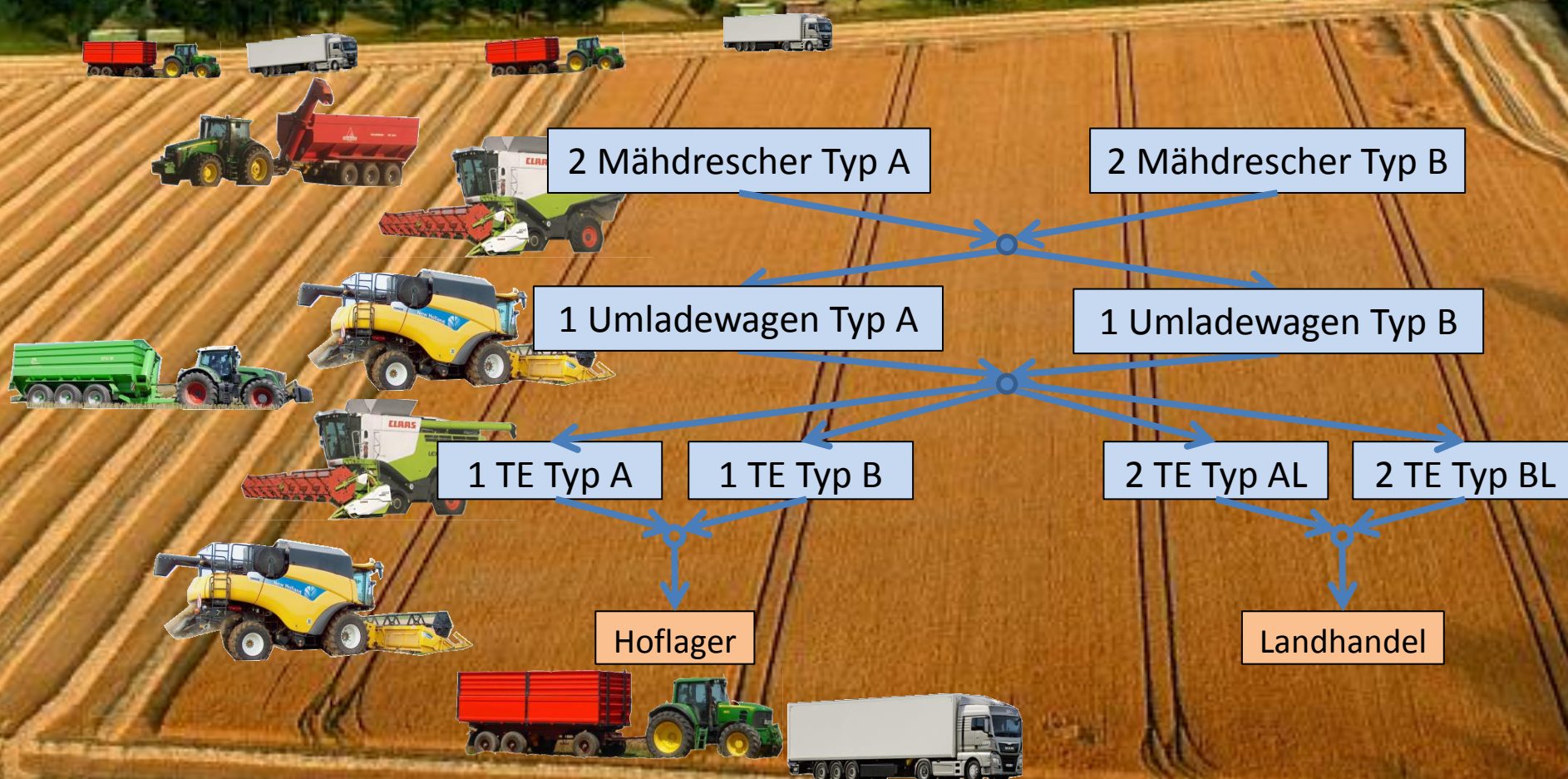
Dreschen im gemeinsamen Beet mit unterschiedlichem Transportziel





# EINSATZVARIANTE 3

Dreschen im gemeinsamen Beet mit unterschiedlichem Transportziel



# KAPAZITÄTEN IN VARIANTE 3

	Anzahl	Umlauf		Kapazität	
		Dauer min	Lademasse t	einzel t/h <sub>T02</sub>	gesamt t/h <sub>T02</sub>
<b>Mähdrescher Typ A</b>	2			30	<b>60</b>
<b>Mähdrescher Typ B</b>	2			35	<b>70</b>
<b>Umladewagen Typ A</b>	1	19,0	19,5	61,6	<b>61,6</b>
<b>Umladewagen Typ B</b>	1	22,0	28,5	77,7	<b>77,7</b>
<b>Transportfahrzeug Typ A, Hoflager</b>	1	42,3	18,0	25,5	<b>25,5</b>
<b>Transportfahrzeug Typ B, Hoflager</b>	1	44,1	24,0	32,7	<b>32,7</b>
<b>Transportfahrzeug Typ A, Landhandel → Typ C</b>	2	70,8	21,0	17,8	<b>35,6</b>
<b>Transportfahrzeug Typ B, Landhandel → Typ D</b>	2	64,5	25,0	23,2	<b>46,5</b>

**Kapazität:** Leistungsangebot von Betriebsmitteln innerhalb einer bestimmten Zeitspanne.





# KIRCHHOFFSCHE REGELN

Gegeben:

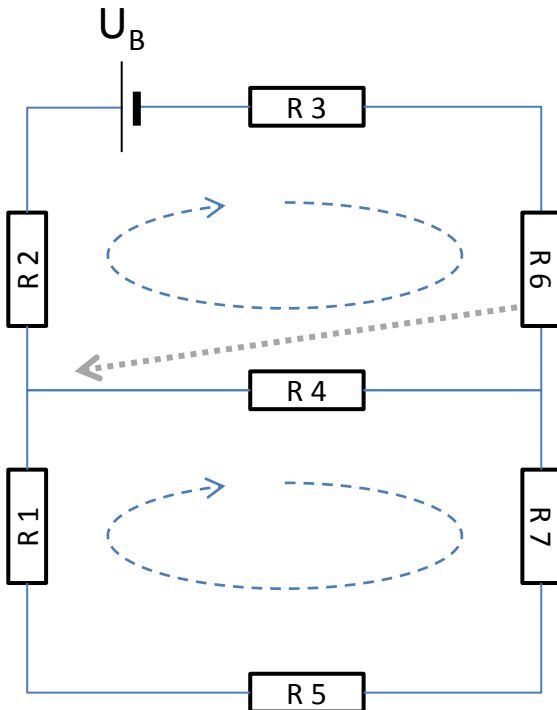
Widerstandswerte

$R_1; R_2; R_3; R_4; R_5; R_6$

Betriebsspannung  $U_B$

Gesucht: Stromfluss an den Widerständen:

- $I_2$
- $I_3 = I_6$
- $I_4$
- $I_7 = I_5 = I_1$



Knotenpunktregel

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0$$

- $I_1 + I_2 + I_4 = 0$
- $I_6 + I_7 + I_4 = 0$

Maschenregel

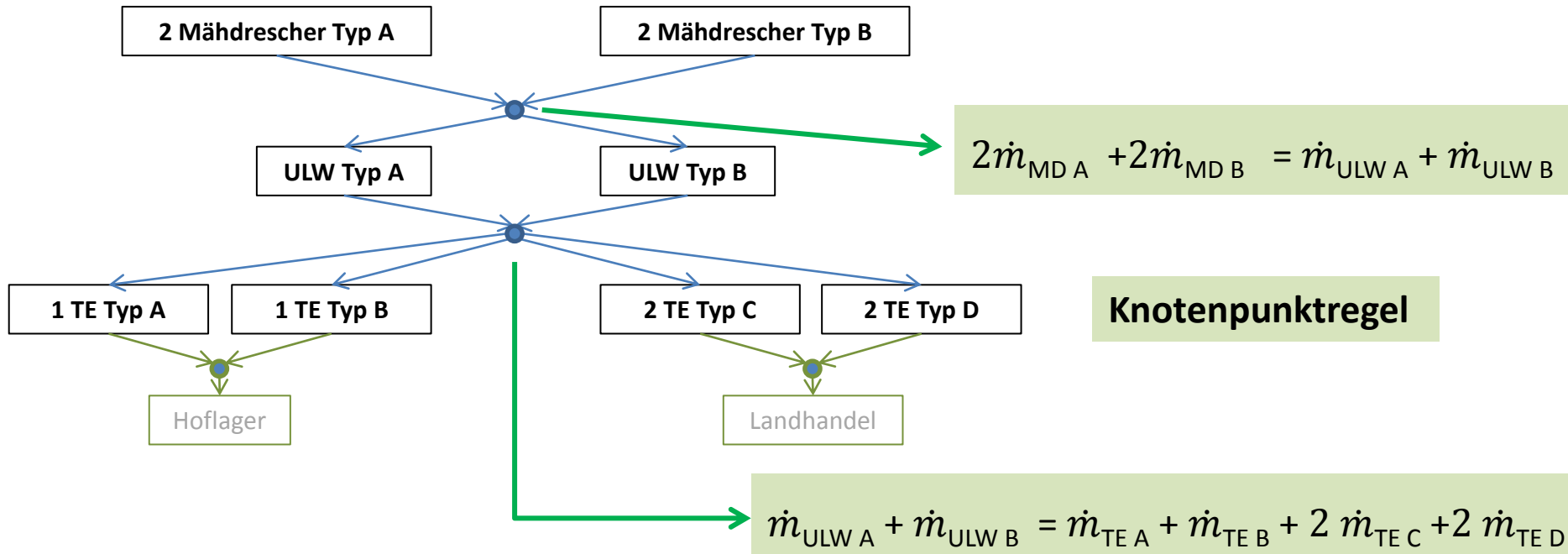
$$\sum_{k=1}^n U_k = 0$$

- $U_6 + U_4 + U_2 + U_3 = 0$
- $U_1 + U_4 + U_7 + U_5 = 0$

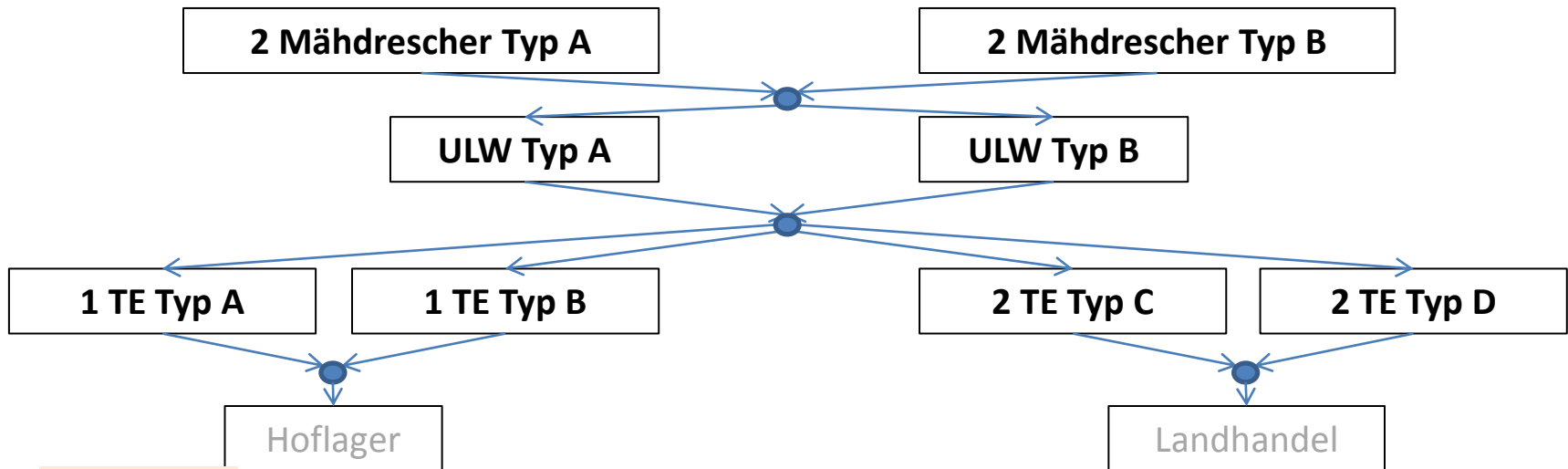


# GLEICHUNGSSYSTEM FÜR EINSATZVARIANTE 3

Vorgabe:  $\dot{m}_{MD A} = 60 \text{ t/h}_{T02}$        $\dot{m}_{MD B} = 70 \text{ t/h}_{T02}$



# GLEICHUNGSSYSTEM FÜR EINSATZVARIANTE 3



## Vorgabe:

$$60 \text{ t/h}_{T02} = 2\dot{m}_{MD A}$$

$$130 \text{ t/h}_{T02} = 2\dot{m}_{MD A} + 2\dot{m}_{MD B}$$

## Knotenpunktregel:

$$0 \text{ t/h}_{T02} = 2\dot{m}_{MD A} + 2\dot{m}_{MD B} - \dot{m}_{ULW A} - \dot{m}_{ULW B}$$

$$0 \text{ t/h}_{T02} = \dot{m}_{ULW A} + \dot{m}_{ULW B} - \dot{m}_{TE A} - \dot{m}_{TE B} - 2\dot{m}_{TE C} - 2\dot{m}_{TE D}$$



# GLEICHUNGSSYSTEM FÜR EINSATZVARIANTE 3

Proportionen (den Maschenregeln ähnlich)

$$16,24 * \dot{m}_{ULW A} = 12,87 * \dot{m}_{ULW B}$$

2 Mähdrescher Typ A

2 Mähdrescher Typ B

ULW Typ A

ULW Typ B

1 TE Typ A

1 TE Typ B

2 TE Typ C

2 TE Typ D

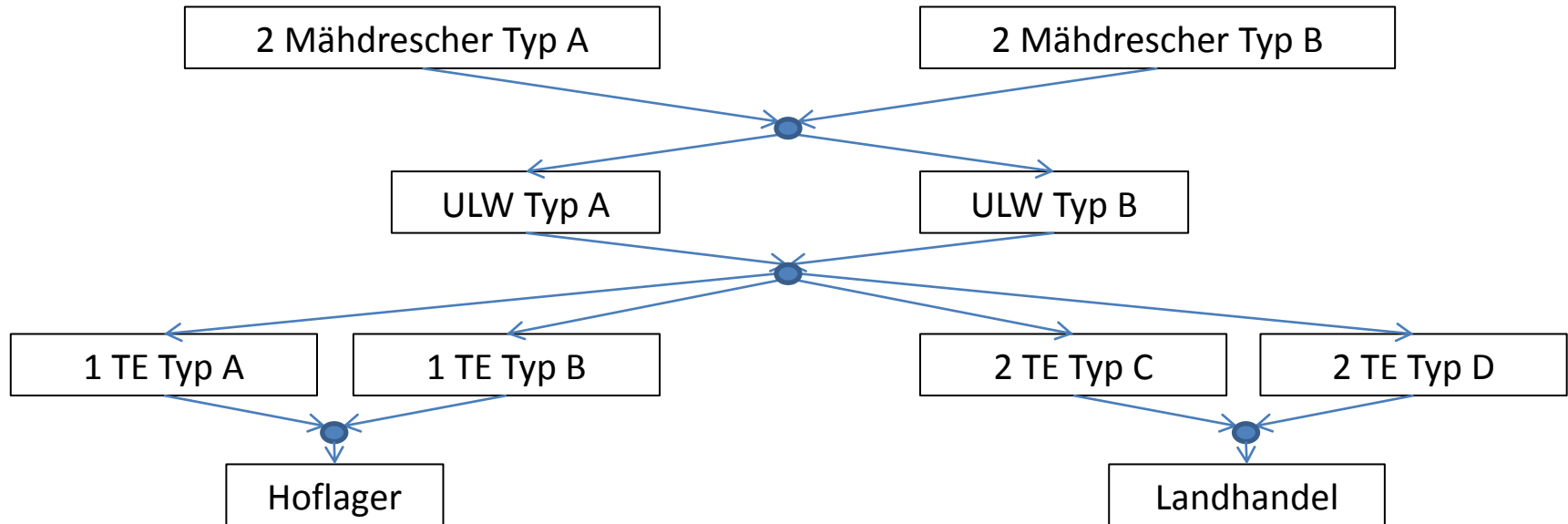
$$30,61 * \dot{m}_{TE B} = 56,22 * \dot{m}_{TE C}$$

$$40,81 * \dot{m}_{TE A} = 30,61 * \dot{m}_{TE B}$$

$$56,22 * \dot{m}_{TE C} = 47,22 * \dot{m}_{TE D}$$



# GLEICHUNGSSYSTEM FÜR EINSATZVARIANTE 3



## Proportionen (den Maschenregeln ähnlich)

$$0 \text{ t/hT02} = 16,24 * \dot{m}_{\text{ULW A}} - 12,87 * \dot{m}_{\text{ULW B}}$$

$$0 \text{ t/hT02} = 40,81 * \dot{m}_{\text{TE A}} - 30,61 * \dot{m}_{\text{TE B}}$$

$$0 \text{ t/hT02} = 30,61 * \dot{m}_{\text{TE B}} - 56,22 * \dot{m}_{\text{TE C}}$$

$$0 \text{ t/hT02} = 56,22 * \dot{m}_{\text{TE C}} - 47,22 * \dot{m}_{\text{TE D}}$$

# GLEICHUNGSSYSTEM FÜR EINSATZVARIANTE 3

**Vorgabe:**

$$60 \text{ t/h}_{T02} = 2\dot{m}_{MDA}$$

$$130 \text{ t/h}_{T02} = 2\dot{m}_{MDA} + 2\dot{m}_{MDB}$$

**Knotenpunktregel:**

$$0 \text{ t/h}_{T02} = 2\dot{m}_{MDA} + 2\dot{m}_{MDB} - \dot{m}_{ULWA} - \dot{m}_{ULWB}$$

$$0 \text{ t/h}_{T02} = \dot{m}_{ULWA} + \dot{m}_{ULWB} - \dot{m}_{TEA} - \dot{m}_{TEB} - 2\dot{m}_{TEC} - 2\dot{m}_{TED}$$

**Proportion:**

$$0 \text{ t/h}_{T02} = 16,24 * \dot{m}_{ULWA} - 12,87 * \dot{m}_{ULWB}$$

$$0 \text{ t/h}_{T02} = 40,81 * \dot{m}_{TEA} - 30,61 * \dot{m}_{TEB}$$

$$0 \text{ t/h}_{T02} = 30,61 * \dot{m}_{TEB} - 56,22 * \dot{m}_{TEC}$$

$$0 \text{ t/h}_{T02} = 56,22 * \dot{m}_{TEC} - 47,22 * \dot{m}_{TED}$$



# GLEICHUNGSSYSTEM FÜR EINSATZVARIANTE 3

**Vorgabe:**

$$130 \text{ t/h}_{T02} = 2\dot{m}_{MD A} + 2\dot{m}_{MD B}$$

$$60 \text{ t/h}_{T02} = 2\dot{m}_{MD A}$$

**Knotenregel:**

$$0 \text{ t/h}_{T02} = 2\dot{m}_{MD A} + 2\dot{m}_{MD B} - \dot{m}_{ULW A} - \dot{m}_{ULW B}$$

$$0 \text{ t/h}_{T02} = \dot{m}_{ULW A} + \dot{m}_{ULW B} - \dot{m}_{TE A} - \dot{m}_{TE B} - 2\dot{m}_{TE C} - 2\dot{m}_{TE D}$$

**Maschenregel:**

$$0 \text{ t/h}_{T02} = 16,24 * \dot{m}_{ULW A} - 12,87 * \dot{m}_{ULW B}$$

$$0 \text{ t/h}_{T02} = 40,81 * \dot{m}_{TE A} - 30,61 * \dot{m}_{TE B}$$

$$0 \text{ t/h}_{T02} = 30,61 * \dot{m}_{TE B} - 56,22 * \dot{m}_{TE C}$$

$$0 \text{ t/h}_{T02} = 56,22 * \dot{m}_{TE C} - 47,22 * \dot{m}_{TE D}$$

Summe	MD A	MD B	ULW A	ULW B	TE A	TE B	TE C	TE D
130	2	2	0	0	0	0	0	0
60	2	0	0	0	0	0	0	0
0	2	2	-1	-1	0	0	0	0
0	0	0	16,24	-12,87	0	0	0	0
0	0	0	1	1	-1	-1	-2	-2
0	0	0	0	0	40,81	-30,61	0	0
0	0	0	0	0	0	30,61	-56,22	0
0	0	0	0	0	0	0	56,22	-47,22

**K**

Matrixgleichung:  $E = K * D \rightarrow$  gesucht wird der Durchsatzvektor D:  $D = \text{Inv}(K) * E$







# ERGEBNIS FÜR EINSATZVARIANTE 3

Summe	MD A	MD B	ULW A	ULW B	TE A	TE B	TE C	TE D
130	2	2	0	0	0	0	0	0
60	2	0	0	0	0	0	0	0
0	2	2	-1	-1	0	0	0	0
0	0	0	16,24	-12,87	0	0	0	0
0	0	0	1	1	-1	-1	-2	-2
0	0	0	0	0	40,81	-30,61	0	0
0	0	0	0	0	0	30,61	-56,22	0
0	0	0	0	0	0	0	56,22	-47,22

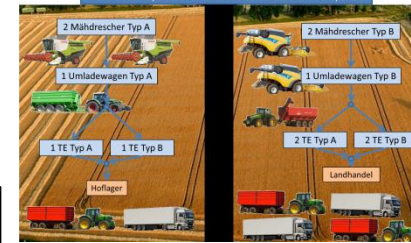
K

Ergebnis	MD A	MD B	ULW A	ULW B	TE A	TE B	TE C	TE D
t/h <sub>T02</sub>	30	35	57,5	72,5	23,6	31,5	17,1	20,4

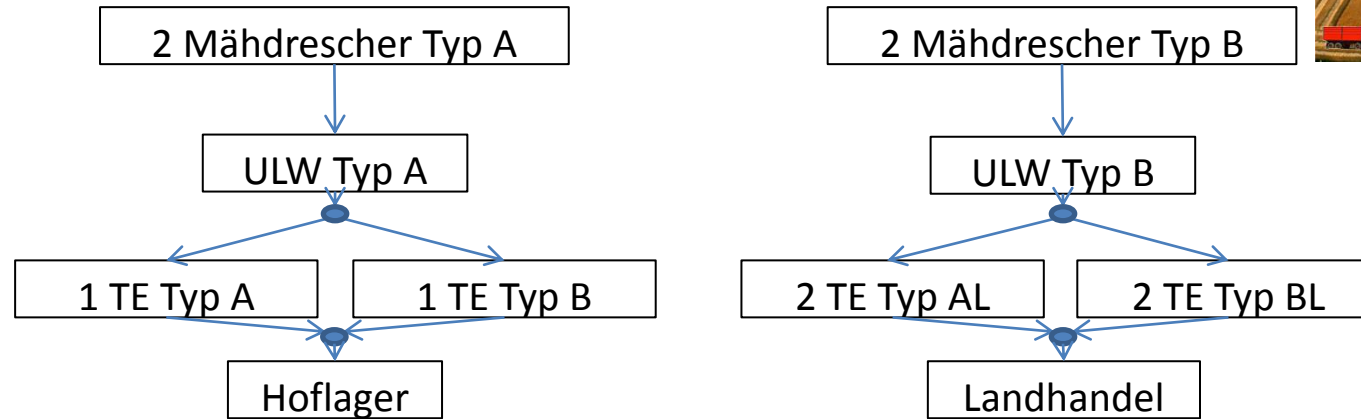
Kapazität	MD A	MD B	ULW A	ULW B	TE A	TE B	TE C	TE D
t/h <sub>T02</sub>	60	70	61,6	77,7	25,5	32,7	35,6	46,5

Ergebnis	60	70	57,5	72,5	23,6	31,5	34,2	40,7
Kapazität	60	70	61,6	77,7	25,5	32,7	35,6	46,5
<b>Auslastung</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>93%</b>	<b>93%</b>	<b>92%</b>	<b>96%</b>	<b>96%</b>	<b>88%</b>





# ERGEBNIS FÜR EINSATZVARIANTE 2



Summe	MD A	ULW A	TE A	TE B	MD B	ULW B	TE C	TE D
130	2	0	0	0	2	0	0	0
70	2	0	0	0	0	0	0	0
0	2	-1	0	0	0	0	0	0
0	0	1	-1	-1	0	0	0	0
0	0	0	40,81	-30,61	0	0	0	0
0	0	0	0	0	2	-1	0	0
0	0	0	0	0	0	1	-2	-2
0	0	0	0	0	0	0	56,22	-47,22
<b>Ergebnis</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>25,7</b>	<b>34,3</b>	<b>70</b>	<b>70</b>	<b>32,0</b>	<b>38,0</b>
<b>Kapazität</b>	60	61,1	25,5	32,7	70	61,1	35,6	46,5
<b>Auslastung</b>	<b>100%</b>	<b>97%</b>	<b>101 %</b>	<b>105 %</b>	<b>100%</b>	<b>115%</b>	<b>90%</b>	<b>82%</b>

# ZUSAMMENFASSUNG

Ereignisorientierte Berechnungen zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit von landwirtschaftlichen Transportketten sind meist aufwendig und unübersichtlich.

Geringe Veränderungen an der Transportkette (beispielsweise Transportentfernung oder Lademasse) erfordern in der Regel eine umfangreiche Überarbeitung.

Die vorgestellte Methode ist eine einfache, überschaubare, nachvollziehbare und schnelle Berechnungsmethode für Wissenschaft und Praxis.

Eine große Typenvielfalt innerhalb einer Transportkette führt laut den Berechnungen systembedingt häufig zu größeren verfahrensbedingten zyklischen Verlustzeiten.

In der landwirtschaftlichen Praxis ist zu erwarten, dass am Feldrand „sichtbare Wartezeiten“ der Transportfahrzeuge nur innerhalb des kritischen Transportpfades auf eine vorhandene Überkapazität hindeuten.

Sie sind je nach Konstellation unvermeidbar.



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

