CORPS GRAND-DUCAL
INCENDIE & SECOURS

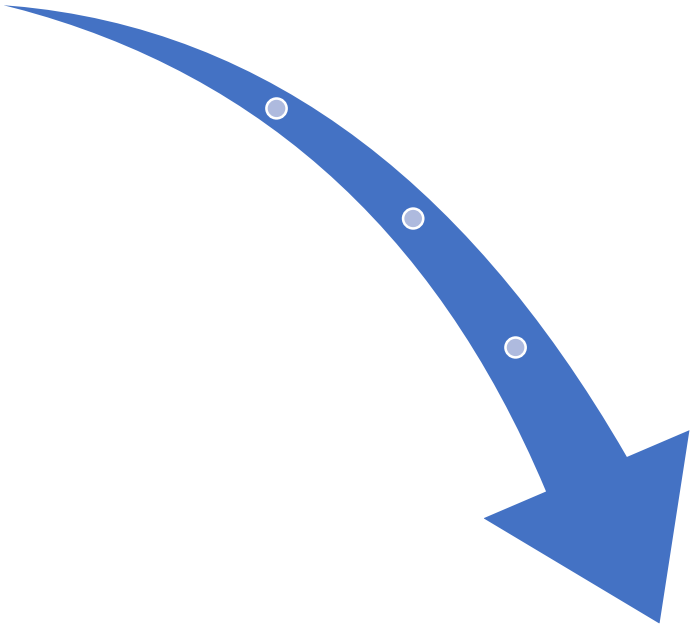
Wasserförderung

22/08/2019

Lehrgangsorganisation

Lehrgangsorganisation

Löschwasserbedarf



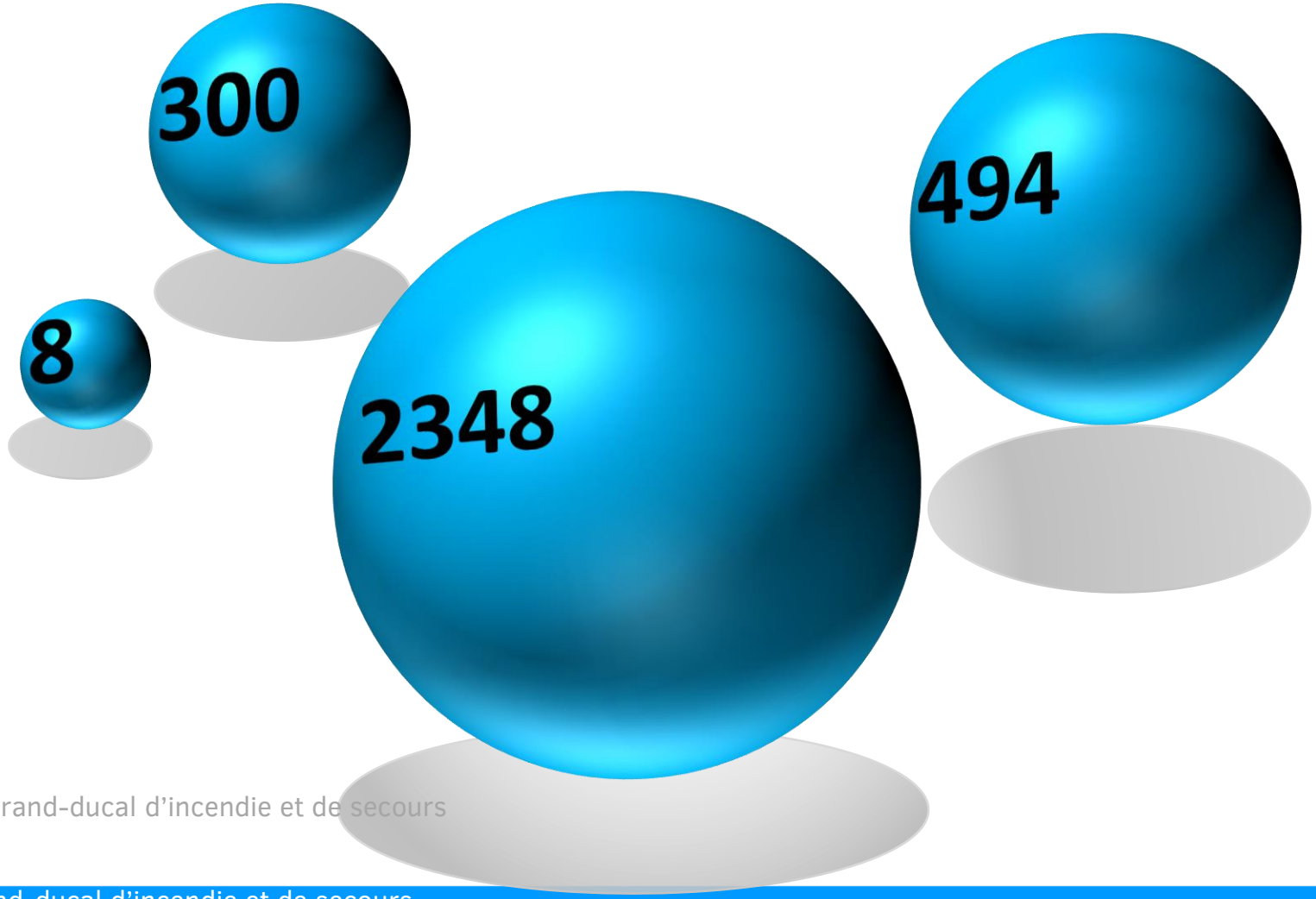
Löschwasserverbrauch

Mittelwert	884,4 l/min
Spitze	2950 l/min

Löschwasserverbrauch

Mittelwert	+- 1000 l/min
Spitze	?????? l/min

Löschwasserverbrauch



Corps grand-ducal d'incendie et de secours 7

Einfache Überschlagsrechnung

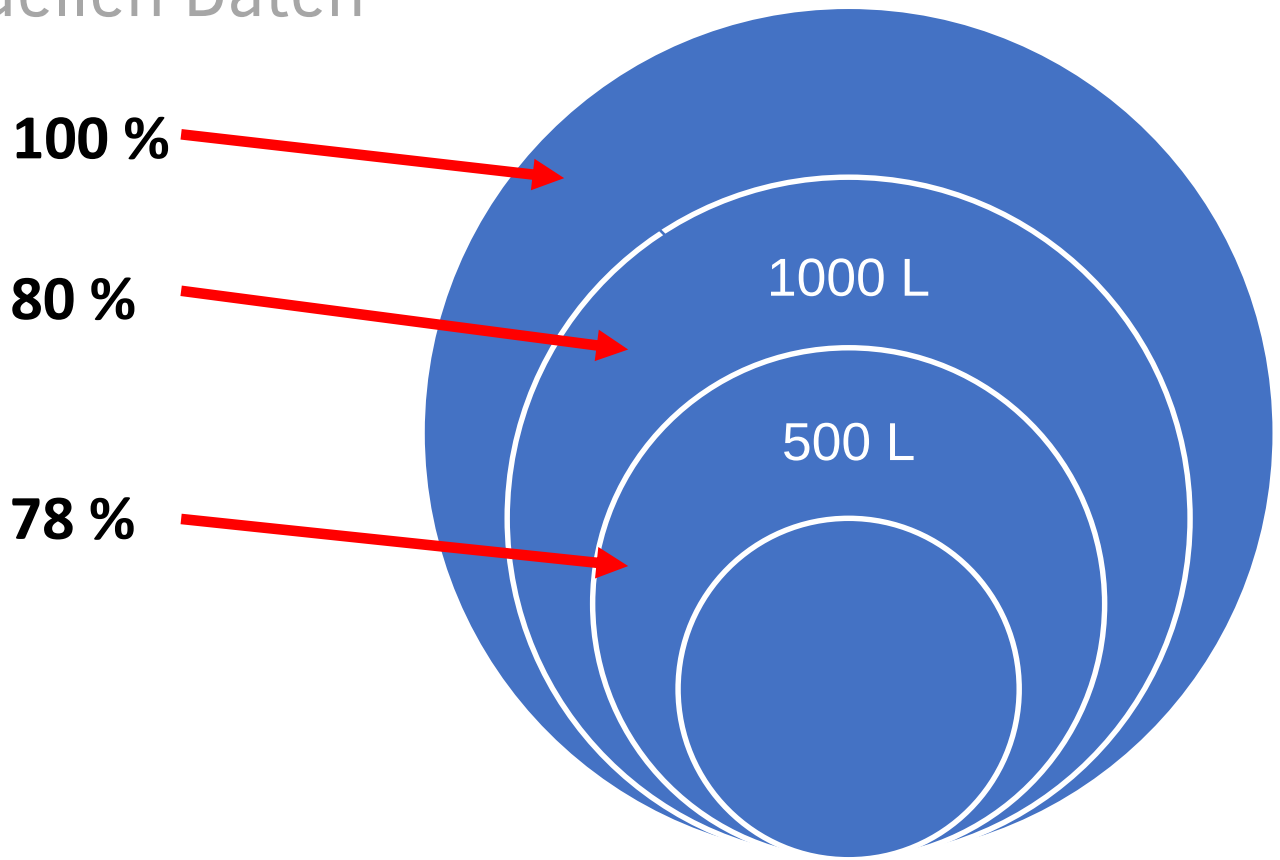
- Anzahl und Art der vorgenommenen Strahlrohre
- Abschätzen der ungefähren Löschdauer
- Daraus folgt der ungefähre Löschwasserverbrauch

Einfache Überschlagsrechnung

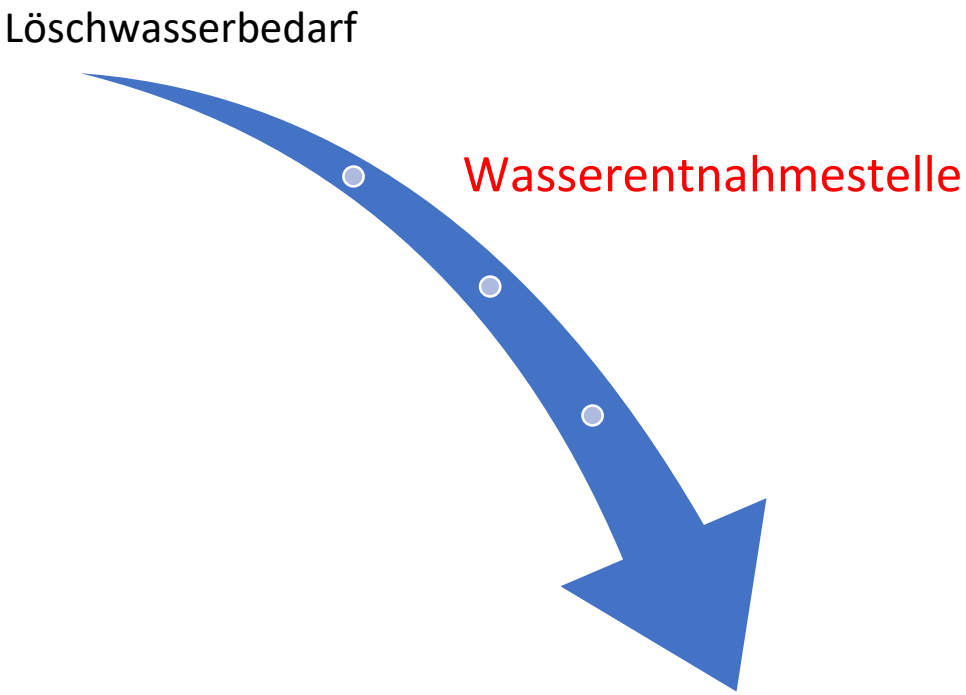
Einfache Überschlagsrechnung

Statistik

- Keine aktuellen Daten



Lehrgangsorganisation

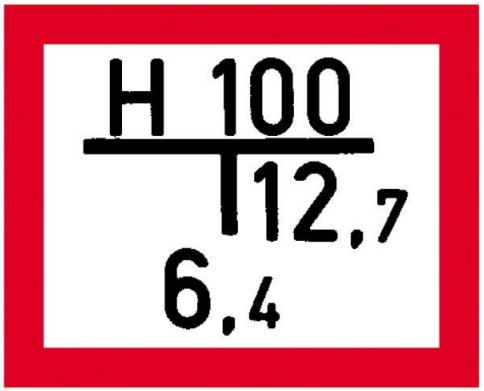


Löschwasserversorgung

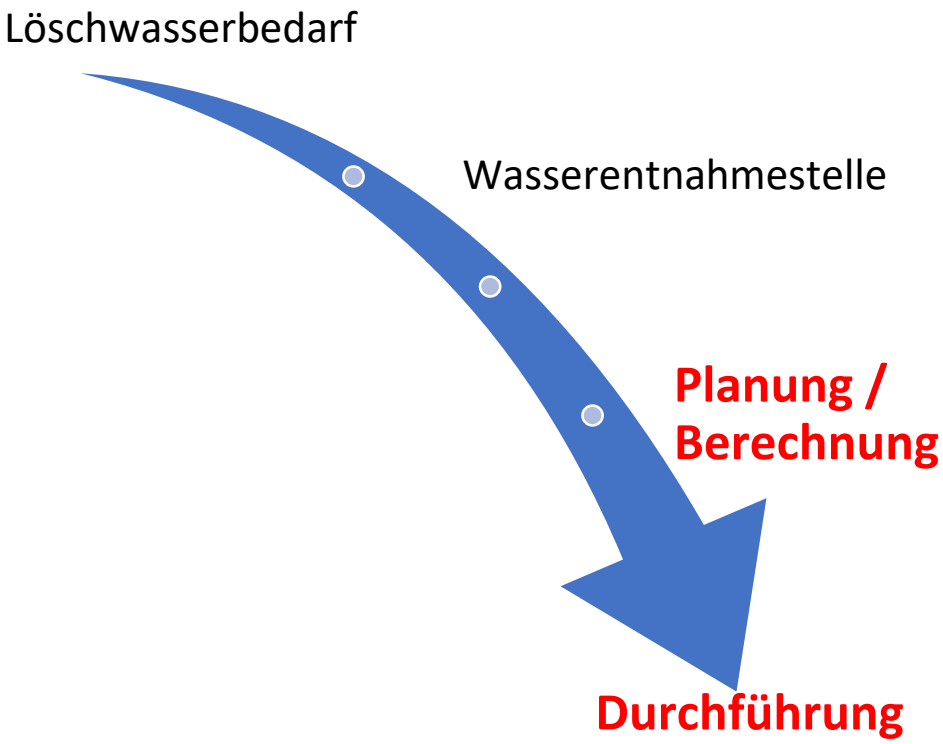
- Abhängig
- Unabhängig
  - Erschöpflich
  - Unerschöpflich

Abhängig Löschwasserversorgung

- Überflurhydrant
  - 15 x Leitungsdurchmesser = Wasserlieferung [L/min]
- Unterflurhydrant
  - 10xLeitungsdurchmesser = Wasserlieferung [L/min]

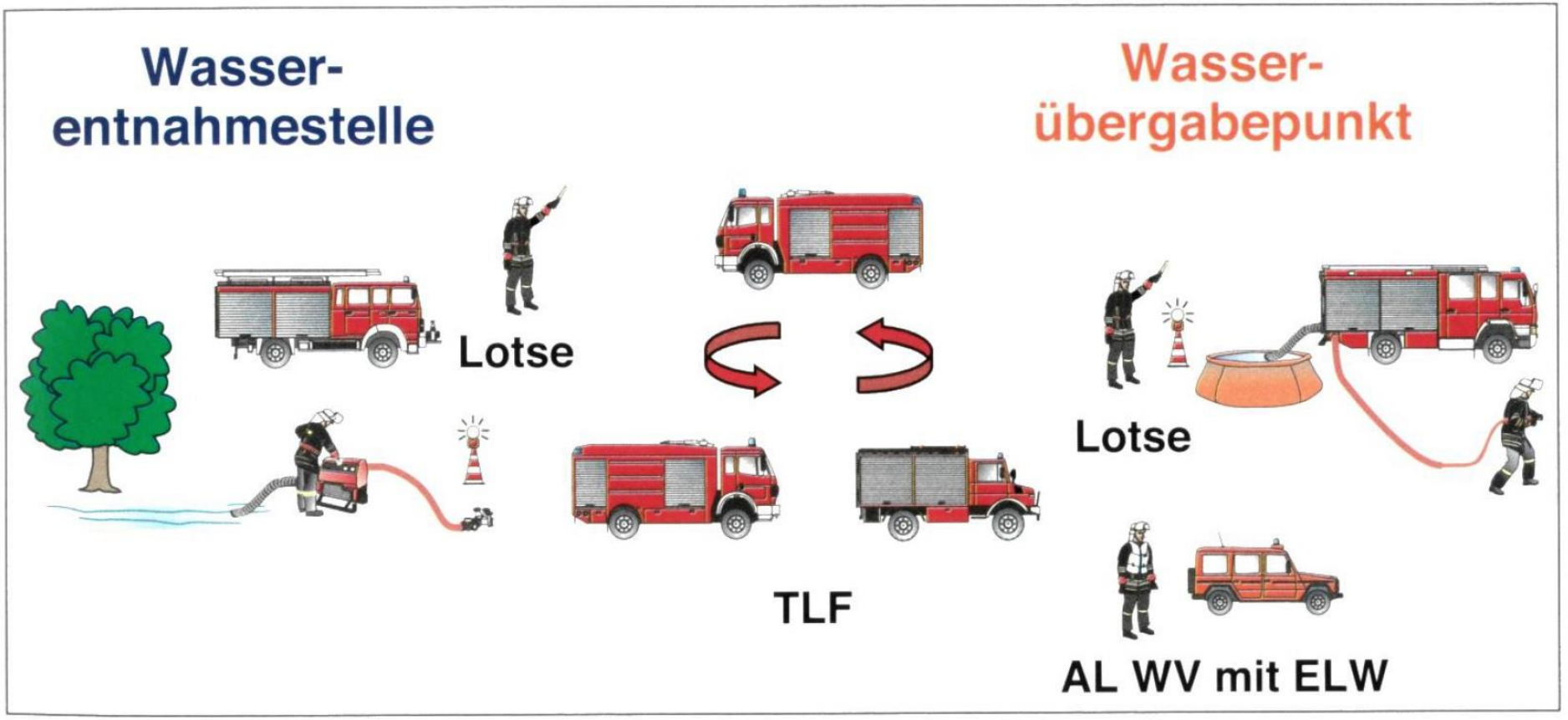


Lehrgangsorganisation



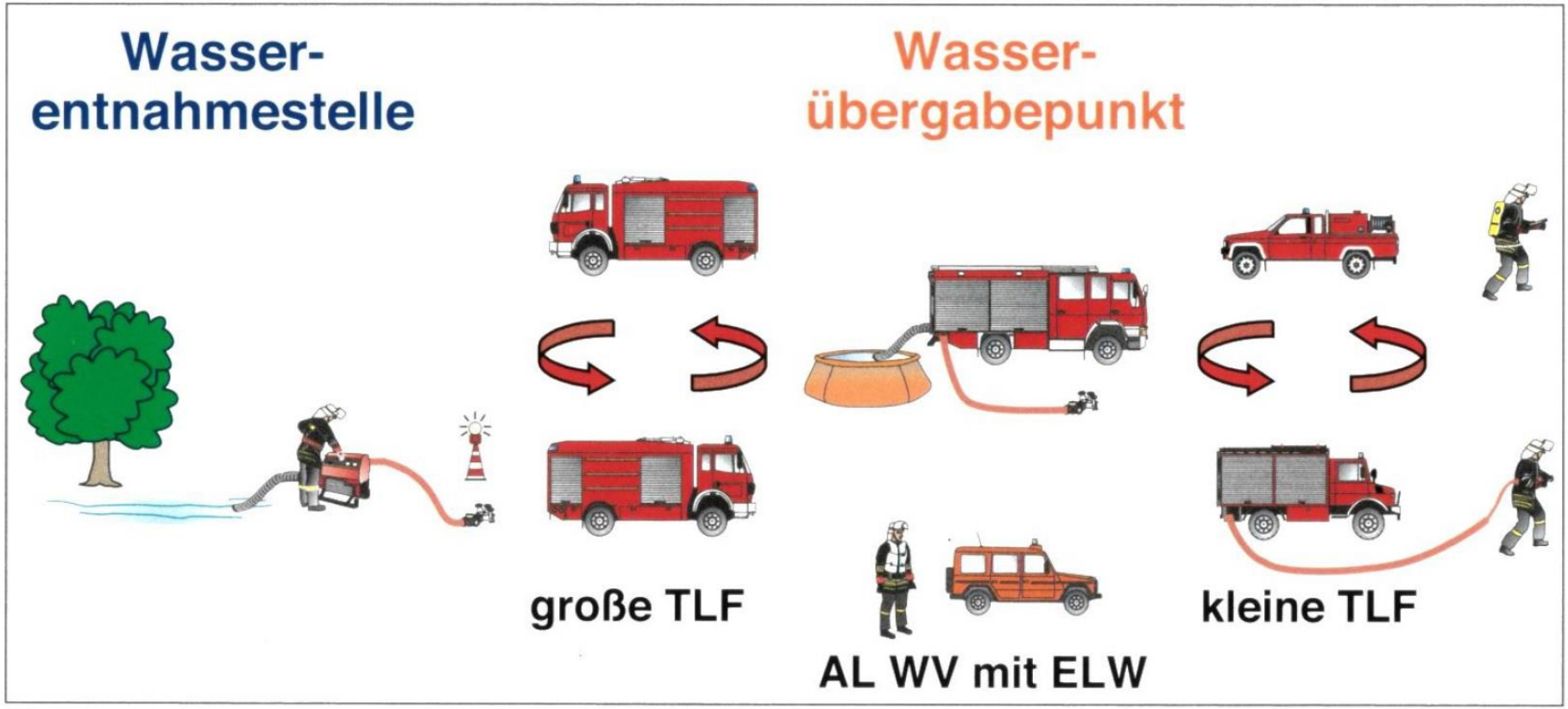
Pendelverkehr

- Einfach



Pendelverkehr

- Doppelt



Pendelverkehr

- Berechnung, Variablen:
  - Löschwasserbedarf an der Einsatzstelle
  - Tankinhalt der pendelnden Fahrzeuge
  - Fahrzeit
  - Füllstrom

Pendelverkehr

- Zugrundeliegende Formeln:

$t_{Füll}$ = benötigte Zeit zum Befüllen des Tanks	$$t_{Füll} = \frac{Tankvolumen\ [l]}{Füllstrom\ [\frac{l}{min}]}$$
t_{Fahr} = benötigte Fahrzeit pro Strecke in Minuten	$$t_{Fahr} = \frac{Länge\ der\ Strecke\ [km]}{Ø\ Fahrgeschwindigkeit\ [\frac{km}{h}]} \cdot 60$$
t_{Leer} = benötigte Zeit zum Entleeren des Tanks	$$t_{leer} = \frac{Tankinhalt\ [l]}{Löschwasserbedarf\ [\frac{l}{min}]}$$
$t_{Rüst}$ = Reservezeit für Wendemanöver, Wartezeiten, etc.	**2 – 8 Minuten**

Pendelverkehr

- Zugrundeliegende Formeln:

Gesamtzeit pro Umlauf:	$t_{Umlauf} = t_{Rüst} + t_{Füll} + 2 \cdot t_{Fahr} + t_{Leer} = [min]$
Wasserleiferung eines TLF:	$V_{TLF} = \frac{Volumen\ des\ Tanks\ in\ Litern}{t_{Umlauf}} = \left[\frac{liter}{min}\right]$
Wasserlieferung mehrerer baugleicher TLF (n=Anzahl):	$V_{Gesamt} = n \cdot V_{TLF}$

Pendelverkehr

- Beispiel Kronospan:

Wasserbedarf	900 L/min
Wasserentnahmestelle	Überflurhy. 100mm Leitung

ULF2.1	Tankvol.	8000
	tFüll	5,33
	Tfahr(x2)	3 (6)
	tLeer	8,89
	tRüst	8
	tUmlauf	28,22
	VULF2.1	283,5 l/min

ULF 1.1	Tankvol.	6000
	tFüll	4
	Tfahr(x2)	3 (6)
	tLeer	6,67
	tRüst	8
	tUmlauf	24,67
	VULF2.1	243 l/min

LF2.1	Tankvol.	3000
	tFüll	2
	Tfahr(x2)	3 (6)
	tLeer	3,33
	tRüst	8
	tUmlauf	19,33
	VULF2.1	155 l/min

Pendelverkehr

- Beispiel Kronospan:

LF2.1	Tankvol.	3000
	tFüll	2
	Tfahr(x2)	3 (6)
	tLeer	3,33
	tRüst	8
	tUmlauf	19,33
	VULF2.1	155 l/min

LF2.1	Tankvol.	2000
	tFüll	1,3
	Tfahr(x2)	3 (6)
	tLeer	2
	tRüst	8
	tUmlauf	17
	VULF2.1	115 l/min

LF2.1	Tankvol.	2000
	tFüll	1,3
	Tfahr(x2)	3 (6)
	tLeer	2
	tRüst	8
	tUmlauf	17
	VULF2.1	115 l/min

Vgesamt	283,5+243+155+155+115+115	=1066,5 (l/min)

Wasserförderung

Wasserförderung

Länge der Leitung (B-Druck-schläuche 20 m)	Personalein-satz (Anzahl Feuerwehr-kräfte)	Verlegung mittels	Zeitdauer (min) ca.
100 m	4	von Hand	3
	2	von Hand	6
	2	fahrbare Haspel	2
300 m	5	von Hand	15
	3	von Hand	21
500 m	3	Schlauchwagen	9
	3	Schlauchcontainer	10
1.000 m	3	Schlauchwagen	15
	3	Schlauchcontainer	16
Straßen-querung	5	Rohr-Schlauch-überführung	8

Tabelle 7: Zeitbedarf zum Aufbau von Löschwasserleitungen (ermittelt durch Praxisversuche unter Standardbedingungen)

HDI Risk Consulting

Wasserförderung

- Berechnung → Verluste
    - Höhenunterschiede
    - Reibungsverluste
    - Druckbedarf am Strahlrohr
    - Eingangsdruck für die nächste FPN/PFPN

Wasserförderung

- Höhenunterschiede
  - Pro 10 Meter Steigung → 1 bar Verlust
  - Pro 10 Meter Gefälle → 1 bar Gewinn

Wasserförderung

- Reibungsverluste
  - Leitungsdurchmesser
  - Volumenstrom
  - Genaue Werte aus Tabellen

- Merke
  - B-Schlauch, 1.000 L/min → 1,7 bar / 100 m
  - B-Schlauch optimal → 800 L/min
  - A-Schlauch 2.000 L/min → 1 bar / 100 m

Förderstrom	Druckverlust in bar					
in Liter/Minute	D	C42	C52	B	A	F
40	1,9					
60	4,0	0,2				
80	6,9	0,4				
100	10,6	0,6	0,2			
120	14,9	1,1	0,3			
140	20,0	1,7	0,5			
200		2,3	0,6	0,1		
250		*3,5*	*0,9*	*0,15*		
300		5,0	1,3	0,2		
350		*6,8*	*1,6*	*0,25*		
400		8,8	2,0	0,3		
450		*11,2*	*2,6*	*0,4*		
500		13,8	3,3	0,5		0,01
600		20,0	4,8	*0,6*		
700			*6,6*	*0,9*		
800			8,5	1,1		
900				*1,5*		
1000			13,5	1,7	0,3	0,04
1100				*1,9*	*0,35*	
1200			20,0	2,5	0,4	
1300				*2,9*	*0,45*	
1400				*3,45*	*0,5*	
1500				4,0	0,6	0,09

1600				*4,6*	*0,65*	
1700				*5,2*	*0,75*	
1750						0,12
1800				*5,8*	*0,8*	
1900				*6,4*	*0,9*	
2000				7,0	1,0	0,16
2100				*7,6*	*1,1*	
2200				*8,2*	*1,2*	
2250						0,20
2300				*8,8*	*1,3*	
2400				*9,4*	*1,45*	
2500				10,0	1,6	0,22
2600					*1,75*	
2700					*1,9*	
2750						0,26
2800					*2,0*	
2900					*2,15*	
3000					2,3	0,31
3250						0,36
3500						0,41
3750						0,47
4000						0,53
4250						0,60
4500						0,65
5000						0,78

Wasserförderung

- Reibungsverluste auf der gesamten Strecke
  - $Verlust\ durch\ Reibung\ [bar] = \ Strecke\ [m] \cdot \frac{Reibungsverlust\ (Rv)[bar]}{100\ [m]}$

Wasserförderung

- Druckbedarf an der Einsatzstelle
  - Ergibt sich aus den eingesetzten wasserführenden Armaturen
  - Beispiele:

Mehrzweckstrahlrohr B/C/D:	4,5-5 bar
Hohlstrahlrohr:	5-6 bar
Zumischer:	7 bar
Schaumrohr	5 bar
Hydroschild:	5-8 bar

Wasserförderung

- Eingangsdruck der nächsten FPN/PFPN
  - Min 1,5 bar

Wasserförderung

	Verlust durch Reibung
+	Verlust durch Steigung
-	Gewinn durch Gefälle
+	Strahlrohrdruck an der Brandstelle
	Gesamtverlust
-	Ausgangsdruck der letzten FPN/PFPN 1
	Restverlust 2

Wasserförderung

Verfügbarer Druck pro FPN/PFPN:

Ausgangsdruck (bar) – 1,5 bar

Anzahl der benötigten Pumpen für Restverlust:

$$\frac{Restverlust}{Verfügbarer\ Druck\ pro\ FPN/PFPN}$$

2

Gesamtzahl der Pumpen:

1 + 2

Wasserförderung

Beispiel (1), Kennwerte:

– Entfernung von der Wes bis zur Bs	640 Meter
– Schläuche «B»-gummiert, Wassermenge	1000 l/min
– Reibungsverlust	1,7 bar pro 100 Meter
– Strahlrohrdruck	4,5 bar
– Steigung	30 Meter
– Eingangsdruck in die Verstärkerpumpe	1,5 bar
– Ausgangsdruck der Pumpen	10 bar

Wasserförderung

Druckverlust	Berechnung	Summe
Länge der Strecke	$\frac{640\ m\ \cdot 1{,}7\ bar}{100\ m} = 10{,}88\ bar$	+10,88 bar
Steigung	$30\ m\ \cdot \frac{1\ bar}{10\ m} = 3\ bar$	+3 bar
Gefälle	$-0\ m\ \cdot \frac{1\ bar}{10\ m} = -0\ bar$	-0 bar
Druckbedarf an Einsatzstelle	4,5 bar	+4,5 bar
	Gesamtverlust	**18,38 bar**
Abzug der Leistung der letzten Pumpe	-10 bar	-10 bar
	Restverlust	**8,38 bar**

Wasserförderung

- **Verfügbarer Druck pro Förderpumpe: 10 bar – 1,5 bar = 8,5 bar**
- **→ Anzahl benötigter Pumpen für Restverlust: $\frac{8{,}38\ bar}{8{,}5\ bar} = 0,99 = 1$**
- **→ Gesamtzahl: 1+1 = 2 PFPN 10-1000**

Wasserförderung

Beispiel, Kennwerte:

– Entfernung von der Wes bis zur Bs	1460 Meter
– Schläuche «B»-gummiert, Wassermenge	1000 l/min
– Reibungsverlust	1,7 bar pro 100 Meter
– Strahlrohrdruck	4,5 bar
– Steigung	57 Meter
– Gefälle	3 Meter
– Eingangsdruck in die Verstärkerpumpe	1,5 bar
– Ausgangsdruck der Pumpen	Verschieden

Wasserförderung

Beispiel, Pumpen:

- FPN 15-1000
- PFPN 10-1500
- PFPN 10-1000
- PFPN 10-1000

Wasserförderung

Druckverlust	Berechnung	Summe
Länge der Strecke	$\frac{1460\ m\ \cdot 1{,}7\ bar}{100\ m} = 24{,}82\ bar$	+24,82 bar
Steigung	$57\ m\ \cdot \frac{1\ bar}{10\ m} = 5{,}7\ bar$	+5,7 bar
Gefälle	$-3\ m\ \cdot \frac{1\ bar}{10\ m} = -0{,}3\ bar$	-0,3 bar
Druckbedarf an Einsatzstelle	4,5 bar	+4,5 bar
	Gesamtverlust	**34,72 bar**
Abzug der Leistung der letzten Pumpe	-10 bar	-10 bar
	Restverlust	**24,72 bar**

Wasserförderung

- **Verfügbarer Druck für FPN15-2000:** 15 bar – 1,5 bar = 13,5 bar
- **Verfügbarer Druck für PFPN:** 10 bar – 1,5 bar = 8,5 bar
- **Restverlust – FPN15-2000:** 24,72 – 13,5 = 11,22 bar 2
- → **Anzahl benötigter Pumpen für Restverlust:** $\frac{11{,}22\ bar}{8{,}5\ bar} = 1,32 = 2$ 3
- → **Gesamtzahl:**

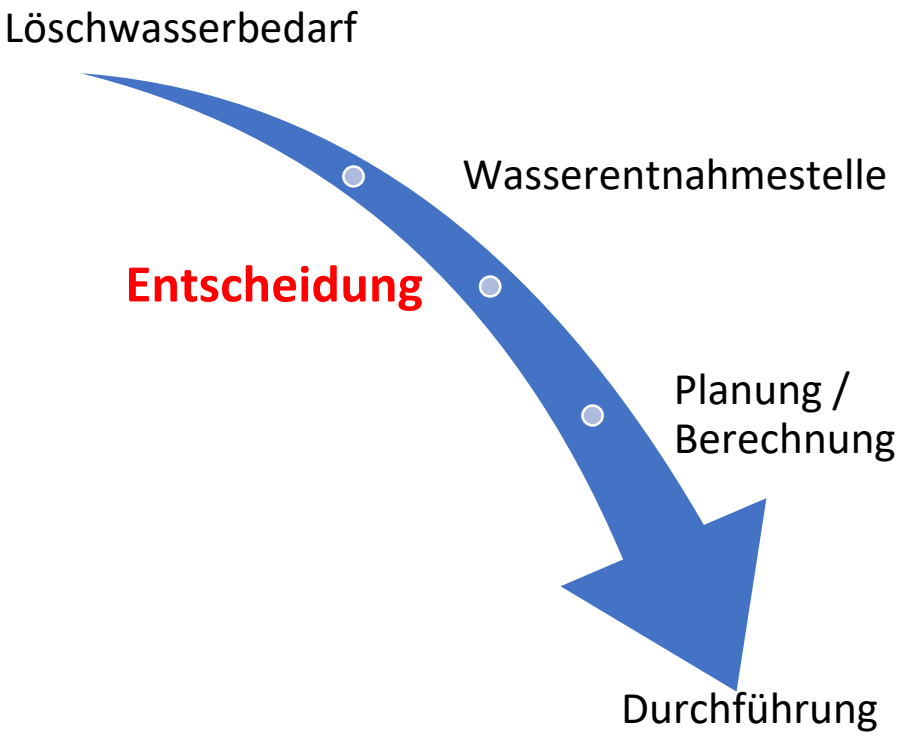
	(1) Letzte PFPN	1x
+	(2)FPN	1x
+	(3)PFPN 10-200	2x

Es werden 4 Pumpen benötigt!

Wasserförderung

- Anzahl
- Position:
  - Smartphone mittels App
  - Smartphone mittels GPS
  - Bei 0 bar, 4-5 Schläuche zurück
  - Planung

Lehrgangsorganisation



Entscheidung

- Pendelverkehr
  - <1000 L/min
  - Schnell
  - Räumlich ausgedehnte Brandstelle
  - Große Entfernung
  - Kurze Nutzungszeit
  - Ersatz bis Schlauchleitung aufgebaut ist
  - Löschfahrzeuge können bereitgestellt werden!

Aufgaben - Pendelverkehr

- Aufgabe 1.1

	Berechnung der gesamten Förderleistung		Berechnung der benötigten Anzahl an Fahrzeugen	
Anzahl an Fahrzeugen	4		7	
Tankvolumen	2000	l	2000	l
Rüstzeit pro Umlauf	3	min	3	min
Füllstrom	600	l/min	600	l/min
Füllzeit	3,33	min	3,33	min
Strecke	3,6	km	3,6	km
Durchschnittgeschwindigkeit	35	km/h	35	km/h
Fahrzeit	6,17	min	6,17	min
Entleerung	800	l/min	800	l/min
Entleerungszeit	2,50	min	2,50	min
Gesamtzeit	21,18	min	21,18	min
Förderleistung pro Fahrzeug	94,45	l/min	94,45	l/min
Gesamte Förderleistung	377,78	l/min	600,00	l/min

Aufgaben - Pendelverkehr

- Aufgabe 1.2

	Berechnung der gesamten Förderleistung	
Anzahl an Fahrzeugen	5	
Tankvolumen	2000	l
Rüstzeit pro Umlauf	2	min
Füllstrom	400	l/min
Füllzeit	5,00	min
Strecke	6,8	km
Durchschnittgeschwindigkeit	43	km/h
Fahrzeit	9,49	min
Entleerung	1000	l/min
Entleerungszeit	2,00	min
Gesamtzeit	27,98	min
Förderleistung pro Fahrzeug	71,49	l/min
Gesamte Förderleistung	357,44	l/min

Berechnung der gesamten Förderleistung	
1	
10000	l
2	min
400	l/min
25,00	min
6,8	km
43	km/h
9,49	min
1000	l/min
10,00	min
55,98	min
178,65	l/min
178,65	l/min

Aufgaben - Pendelverkehr

- Aufgabe 1.3

	Berechnung der benötigten Anzahl an Fahrzeugen	
Anzahl an Fahrzeugen	2	
Tankvolumen	3000	l
Rüstzeit pro Umlauf	5	min
Füllstrom	400	l/min
Füllzeit	7,5	min
Strecke	5,1	km
Durchschnittsgeschwindigkeit	27	km/h
Fahrzeit	11,33	min
Entleerung	500	l/min
Entleerungszeit	6	min
Gesamtzeit	41,17	min
Förderleistung pro Fahrzeug (3,000)	72,87	l/min
Gesamte Förderleistung	145,74	l/min

800l/min – 145,74l/min **= 654,26l/min**

	Berechnung der benötigten Anzahl an Fahrzeugen	
Anzahl an Fahrzeugen	12	
Tankvolumen	2000	l
Rüstzeit pro Umlauf	5	min
Füllstrom	400	l/min
Füllzeit	5	min
Strecke	5,1	km
Durchschnittsgeschwindigkeit	27	km/h
Fahrzeit	11,33	min
Entleerung	500	l/min
Entleerungszeit	4	min
Gesamtzeit	36,66	min
Förderleistung pro Fahrzeug (2,000)	54,55	l/min
Gesamte Förderleistung	654,26	l/min

2 * HLF (3.000) + 12 * HLF (2.000) **= 14 Fahrzeuge**

Aufgaben - Wasserförderung

- Aufgabe 2.1

Druckverlust	Berechnung	Summe
Länge der Strecke	$\frac{1700\ m\ \cdot 1{,}7\ bar}{100\ m} = 28{,}9\ bar$	+28,9 bar
Steigung	$80\ m\ \cdot \frac{1\ bar}{10\ m} = 8\ bar$	+8 bar
Gefälle	$-0\ m\ \cdot \frac{1\ bar}{10\ m} = -0\ bar$	-0 bar
Druckbedarf an Einsatzstelle	4,5 bar	+4,5 bar
	Gesamtverlust	**41,4 bar**
Abzug der Leistung der letzten Pumpe	-10 bar	-10 bar
	Restverlust	**31,4 bar**

Verfügbarer Druck pro Förderpumpe: 10 bar – 1,5 bar = 8,5 bar

→ Anzahl benötigter Pumpen für Restverlust: $\frac{31{,}4\ bar}{8{,}5\ bar} = 3{,}7 \rightarrow 4$

→ Gesamtzahl: 4+1 = **5 PFPN 10-1000**

Aufgaben - Wasserförderung

- Aufgabe 2.2

Druckverlust	Berechnung	Summe
Länge der Strecke	$\frac{2500\ m\ \cdot 1{,}7\ bar}{100\ m} = 42{,}5\ bar$	+42,5 bar
Steigung	$70\ m\ \cdot \frac{1\ bar}{10\ m} = 7\ bar$	+7 bar
Gefälle	$-0\ m\ \cdot \frac{1\ bar}{10\ m} = -0\ bar$	-0 bar
Druckbedarf an Einsatzstelle	4,5 bar	+4,5 bar
	Gesamtverlust	**54 bar**
Abzug der Leistung der letzten Pumpe	-10 bar	-10 bar
	Restverlust	**44 bar**

Verfügbarer Druck pro Förderpumpe: 10 bar – 1,5 bar = 8,5 bar

→ Anzahl benötigter Pumpen für Restverlust: $\frac{44\ bar}{8{,}5\ bar} = 5{,}17 \rightarrow 6$

→ Gesamtzahl: 6+1 = **7 PFPN 10-1000**

Aufgaben - Wasserförderung

- Aufgabe 2.3

Druckverlust	Berechnung	Summe
Länge der Strecke	$\frac{2000\ m\ \cdot 1{,}7\ bar}{100\ m} = 34\ bar$	+34 bar
Steigung	$50\ m\ \cdot \frac{1\ bar}{10\ m} = 5\ bar$	+5 bar
Gefälle	$-0\ m\ \cdot \frac{1\ bar}{10\ m} = -0\ bar$	-0 bar
Druckbedarf an Einsatzstelle	4,5 bar	+4,5 bar
	Gesamtverlust	**43,5 bar**
Abzug der Leistung der letzten Pumpe	-10 bar	-10 bar
	Restverlust	**33,5 bar**

Verfügbarer Druck pro Förderpumpe: 10 bar – 1,5 bar = 8,5 bar

→ Anzahl benötigter Pumpen für Restverlust: $\frac{33{,}5\ bar}{8{,}5\ bar} = 3{,}9 \rightarrow 4$

→ Gesamtzahl: 4+1 = **5 PFPN 10-1000**

Aufgaben - Wasserförderung

- Aufgabe 2.4

Druckverlust	Berechnung	Summe
Länge der Strecke	$\frac{1700\ m\ \cdot 1{,}7\ bar}{100\ m} = 28{,}9\ bar$	+28,9 bar
Steigung	$100\ m\ \cdot \frac{1\ bar}{10\ m} = 10\ bar$	+10 bar
Gefälle	$-80\ m\ \cdot \frac{1\ bar}{10\ m} = -8\ bar$	-8 bar
Druckbedarf an Einsatzstelle	4,5 bar	+4,5 bar
	Gesamtverlust	**35,4 bar**
Abzug der Leistung der letzten Pumpe	-10 bar	-10 bar
	Restverlust	**25,4 bar**

Verfügbarer Druck pro Förderpumpe: 10 bar – 1,5 bar = 8,5 bar

→ Anzahl benötigter Pumpen für Restverlust: $\frac{25{,}4\ bar}{8{,}5\ bar} = 2{,}9 \rightarrow 3$

→ Gesamtzahl: 3+1 = **4 PFPN 10-1000**

Aufgaben - Wasserförderung

- Aufgabe 2.5

Druckverlust	Berechnung	Summe
Länge der Strecke	$\frac{2800\ m\ \cdot 1{,}7\ bar}{100\ m} = 42{,}5\ bar$	+42,5 bar
Steigung	$124\ m\ \cdot \frac{1\ bar}{10\ m} = 12{,}4\ bar$	+12,4 bar
Gefälle	$-72\ m\ \cdot \frac{1\ bar}{10\ m} = -7{,}2\ bar$	-7,2 bar
Druckbedarf an Einsatzstelle	6,5 bar	+6,5 bar
	Gesamtverlust	**50,8 bar**
Abzug der Leistung der letzten Pumpe	-10 bar	-10 bar
	Restverlust	**40,8 bar**

Verfügbarer Druck pro Förderpumpe: 10 bar – 1,5 bar = 8,5 bar

→ Anzahl benötigter Pumpen für Restverlust: $\frac{40{,}8\ bar}{8{,}5\ bar} = 4{,}8 \rightarrow 5$

→ Gesamtzahl: 5+1 = **6 PFPN 10-1000**

Aufgaben - Wasserförderung

- Aufgabe 2.6

Druckverlust	Berechnung	Summe
Länge der Strecke	$\frac{2540\ m\ \cdot 1{,}1\ bar}{100\ m} = 27{,}94\ bar$	+27,94 bar
Steigung	$88\ m\ \cdot \frac{1\ bar}{10\ m} = 8{,}8\ bar$	+8,8 bar
Gefälle	$-14\ m\ \cdot \frac{1\ bar}{10\ m} = -1{,}4\ bar$	-1,4 bar
Druckbedarf an Einsatzstelle	6 bar	+6 bar
	Gesamtverlust	**41,34 bar**
Abzug der Leistung der letzten Pumpe	-10 bar	-10 bar
	Restverlust	**31,34 bar**

Verfügbarer Druck pro Förderpumpe: 10 bar – 1,5 bar = 8,5 bar

→ Anzahl benötigter Pumpen für Restverlust: $\frac{31{,}34\ bar}{8{,}5\ bar} = 3{,}7 \rightarrow 4$

→ Gesamtzahl: 4+1 = **5 PFPN 10-1000**

Aufgaben - Wasserförderung

- Aufgabe 2.7

Druckverlust	Berechnung	Summe
Länge der Strecke A	$\frac{900\ m\ \cdot 1{,}0\ bar}{100\ m} = 9\ bar$	+9 bar
Länge der Strecke B	$\frac{1360\ m\ \cdot 1{,}7\ bar}{100\ m} = 23{,}12\ bar$	+23,12 bar
Steigung	$78\ m\ \cdot \frac{1\ bar}{10\ m} = 7{,}8\ bar$	+7,8 bar
Druckbedarf an Einsatzstelle	7 bar	+7 bar
	Gesamtverlust	**46,92 bar**

FPN/PFPN	Ausgangsdruck	Förderdruck
ULF	15.5	14
HLF	15	13.5
PFPN	10	8.5
PFPN	10	8.5
PFPN	10	10
TOTAL		54,5 bar

Merci à tous pour votre écoute