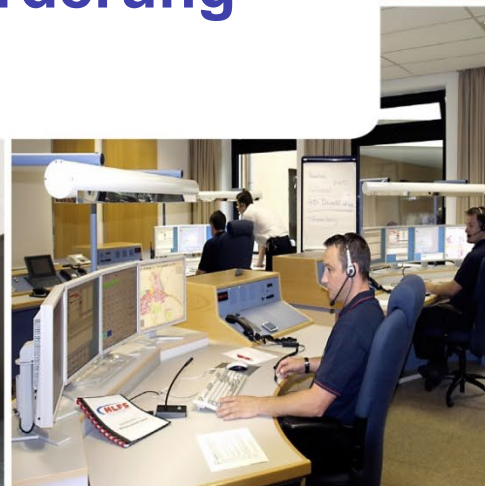




Unterlagen zur Aus- und Fortbildung



**Löschwasser-
förderung**





Veranstaltung: B-VI

Ausbildungseinheit: Löschwasserförderung

Ausgabe: 01.12.2022

Zuständig: Abteilung 2

Bearbeitet von: Matthias Müller

Literaturhinweis: Rotes Heft Nr. 217 - Wasserversorgung,
Verlag W. Kohlhammer
Handbuch Brandschutz, ecomed Verlag

Inhalt

1	Allgemeines.....	4
2	Feuerlöschkreiselpumpe (FP).....	4
3	Abkürzungen und Begriffe	5
3.1	Förderstrecke (S_{ges})	5
3.1.1	Geschlossene Schaltreihe	5
3.1.2	Offene Schaltreihe	5
3.1.3	Einfache Förderstrecken	5
3.1.4	Förderstrecken über lange Wege (Pumpenreihenschaltung).....	6
3.2	Eingangsdruck am Saugeingang der Feuerlöschkreiselpumpe (p_e).....	6
3.3	Ausgangsdruck der Feuerlöschkreiselpumpe (p_a).....	7
3.4	Druckverlust durch Reibung (p_R).....	7
3.5	Druckverlust durch Höhenzunahme (p_{geo}).....	8
3.6	Strahlrohrdruck (p_{str})	9
3.7	Verfügbarer Druck (p_v)	9
4	Berechnung einer Löschwasserförderstrecke	10
5	Berechnung des Gesamtdruckes bei „Förderstrecken über lange Wege“ (Pumpenreihenschaltung).....	12
6	Berechnung der Anzahl der benötigten Pumpen	13
7	Einfach- und Doppelleitung	14
8	Pumpenabstände	15
9	Planung und Aufbau von Löschwasserförderstrecken	15
9.1	Festlegung der Einsatzmittel und Planung der Förderstrecke.....	15
9.2	Förderstrecke	16
9.2.1	Möglichkeiten der Planung einer Förderstrecke	16
9.3	Aufbau einer Förderstrecke mit Hilfe Ablesetafel und Höhenmesser	17
9.3.1	Bestimmung durch eine Ablesetafel.....	17
9.3.2	Bestimmung durch das grafische Verfahren	18
10	Schaltreihen	20
10.1	Offene Schaltreihe	20
10.1.1	Bilder einer Löschwasserübergabestelle.....	23
10.2	Geschlossene Schaltreihe	24
10.3	Geschlossene Schaltreihe mit Pufferung im Löschwasserbehälter.....	25

11	Verlegen von Schlauchleitungen.....	25
11.1	Verlegen von Schlauchleitungen mittels Feuerwehrfahrzeugen.....	26
12	Tragbare Tauchmotorpumpe mit Elektroantrieb	27
13	Einsatzhinweise bei der Löschwasserförderung	28
14	Der Pendelverkehr	30
14.1	Geeignete Löschfahrzeuge und deren Verfügbarkeit.....	30
14.2	Grundsätze bei der Einrichtung eines Pendelverkehrs	31
14.3	Die Planung eines Pendelverkehrs	31
14.3.1	Zeitbedarf	31
14.3.2	Rüstzeit ($t_{Rüst}$)	32
14.3.3	Füllzeit an der Wasserentnahmestelle ($t_{Füll}$)	32
14.3.4	Entleerungszeit an der Einsatzstelle (t_{Abgabe}).....	32
14.3.5	Fahrtzeiten zwischen Wasserentnahmestelle und Einsatzstelle (t_{Fahrt})	32
14.3.6	Bestimmung der Anzahl der benötigten Fahrzeuge	33
14.3.7	Einsatzlogistik beim Pendelverkehr.....	39
15	Quellenverzeichnis	39

1 Allgemeines

Die Löschwasserversorgung abgelegener Objekte (z. B. Aussiedlerhöfe, Sägewerk, Erholungs- und Seniorenwohnheime usw.) ist oft so ungenügend, dass im Einzelfall Wasser über weite Strecken herangeführt werden muss. Dieses Heranführen von Löschwasser wird als Löschwasserförderung bezeichnet. Dabei verfolgt man den Zweck, genügend Löschwasser unter ausreichenden Druckverhältnissen von einer Löschwasserentnahmestelle zu einer Einsatzstelle (Wasserabgabestelle) zu fördern.

2 Feuerlöschkreiselpumpe (FP)

Für die Löschwasserförderung kommen vornehmlich Feuerlöschkreiselpumpen der Größen FPN 10-1000 bzw. FPN 10-2000 nach DIN EN 1028, FP 8/8 und FP 16/8 nach DIN 14420 (inzwischen zurückgezogen) sowie Tragkraftspritzen TS 8/8 und PFPN 10-1000 zum Einsatz.

An einer Einsatzstelle soll das Wasser, wie oben bereits erklärt, nicht nur in ausreichender Menge, sondern auch unter dem für die eingesetzten Strahlrohre notwendigen Druck vorhanden sein. Voraussetzung dafür ist, dass Feuerlöschkreiselpumpen und Schlauchmaterial in Ordnung sind und die Feuerwehreinsatzkräfte über praktische und theoretische Kenntnisse verfügen, um eine Förderstrecke aufbauen zu können.

Der Druck, den die Feuerlöschkreiselpumpen erzeugen, steht für den Gesamtdruckverbrauch einer Löschwasserförderstrecke zur Verfügung. Nach DIN EN 1028 beträgt der Nennförderdruck 10 bar. Ist der Druck einer Feuerlöschkreiselpumpe für eine Löschwasserförderstrecke nicht ausreichend, müssen mehrere Feuerlöschkreiselpumpen den benötigten Druck erzeugen.

Der Gesamtdruck bei der Wasserförderung muss so groß sein, dass Verluste durch Reibung, Höhenzunahmen, Strahlrohrdruck und Eingangsdruck abgedeckt werden.

Der von den Feuerlöschkreiselpumpen erzeugte Druck kann verwendet werden:

- für den Druckverlust durch Reibung (p_R)
- für die Druckverluste aus Höhenzunahme (P_{geo})
- für den Eingangsdruck (p_e) und
- für den Strahlrohrdruck (p_{Str})

3 Abkürzungen und Begriffe

3.1 Förderstrecke (E_{ges})

Unter dem Begriff Förderstrecke versteht man die Schlauchstrecke, Entfernung in Metern, über die das Wasser mit Hilfe der zur Verfügung stehenden Feuerlöschkreiselpumpe und unter den vorliegenden Verhältnissen gefördert werden muss. Zu berücksichtigen ist dabei der Druckverbrauch der Strecke, der sich aus dem Druckverlust und dem Druckbedarf ergibt.

Die Förderstrecke kann als geschlossene Schaltreihe oder offene Schaltreihe aufgebaut werden.

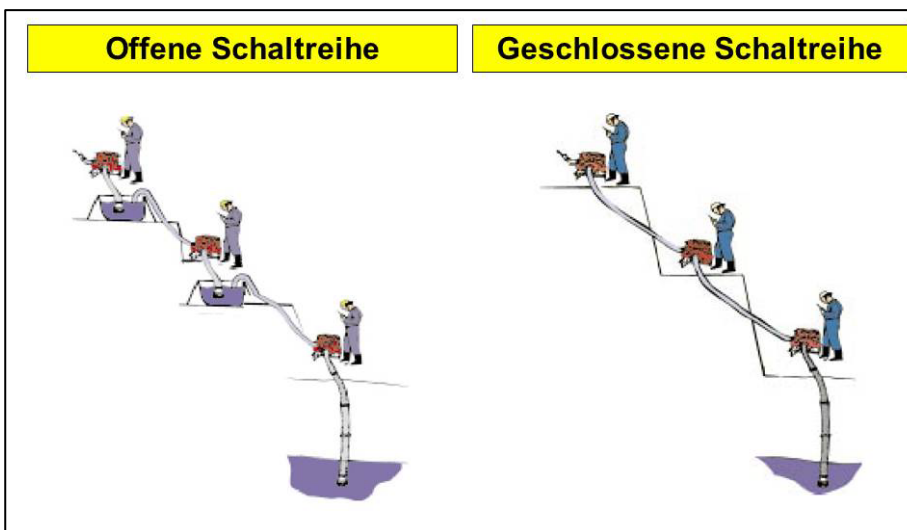


Abb. 1: Offene und geschlossene Schaltreihe

3.1.1 Geschlossene Schaltreihe

Bei der geschlossenen Schaltreihe wird die Förderleitung durchgehend von der Wasserentnahme bis zur Einsatzstelle verlegt.

3.1.2 Offene Schaltreihe

Die Förderstrecke ist unterbrochen, z. B. durch einen Faltbehälter oder Löschwasserbehälter als Puffer.

Darüber hinaus können diese Arten der Förderstrecke auch als einfache geschlossene Schaltreihe, parallele geschlossene Schaltreihe oder als einfache bzw. parallele offene Schaltreihe zur Anwendung kommen.

Löschwasserförderstrecken werden in der Praxis als „Einfache Förderstrecken“ oder als „Förderstrecken über lange Wege“ (Pumpreihenschaltung) angewendet.

3.1.3 Einfache Förderstrecken

Wasserentnahmestelle → FP → Brandstellenstrecke → Strahlrohr

3.1.4 Förderstrecken über lange Wege (Pumpenreihenschaltung)

Wasserentnahmestelle → FP → Teilstrecke(n) → FP(en) → Brandstellenstrecke → Strahlrohr

Eine Förderstrecke unterteilt man in:

- **Brandstellenstrecke** → Entfernung Brandstelle – FP bis Verteiler
- **Teilstrecke** → Entfernung FP bis zur nächsten FP

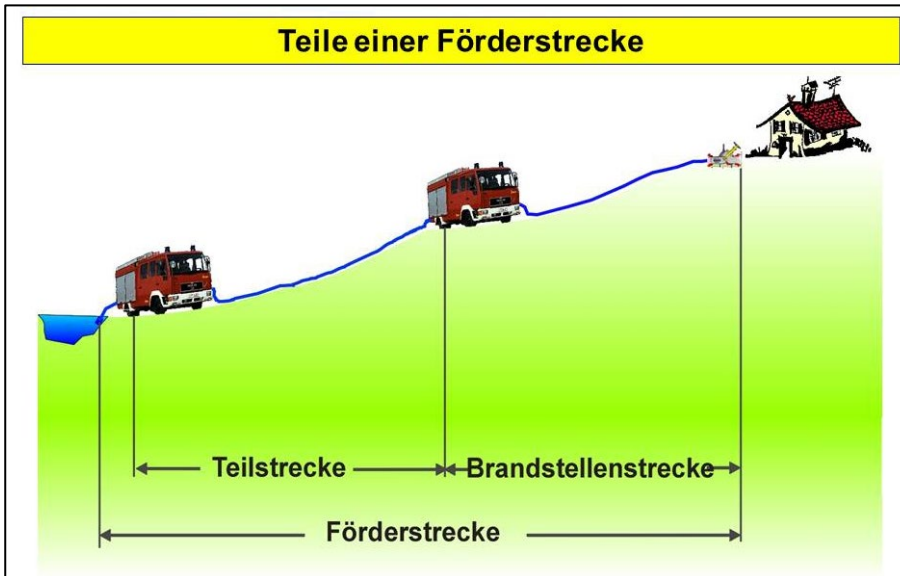


Abb. 2: Teile der Förderstrecke

3.2 Eingangsdruck am Saugeingang der Feuerlöschkreispumpe (p_e)

Der Druck am Saugeingang der Feuerlöschkreispumpen muss bei der Wasserentnahme aus Hydranten und bei der Wasserförderung über lange Strecken entsprechend berücksichtigt werden.

Bei der Wasserentnahme aus Hydranten hat der Maschinist darauf zu achten, dass der Eingangsdruck ca. 1 bis 1,5 bar beträgt. Bei der Wasserförderung über lange Strecken sollte der Eingangsdruck nicht unter 1,5 bar betragen.

Stellt sich ein geringerer Eingangsdruck an der Feuerlöschkreispumpe ein, so sind die Abstände der Feuerlöschkreispumpen falsch berechnet oder die Fördermenge (Abgabemenge) ist zu hoch. In einem solchen Fall sind die Anzahl und die Größen der eingesetzten Strahlrohre anzupassen.

3.3 Ausgangsdruck der Feuerlöschkreiselpumpe (p_a)

Der Ausgangsdruck der Feuerlöschkreiselpumpe kann, wie bereits vorne erwähnt, für die unterschiedlichsten „Druckverbraucher“ verwendet werden. Dabei ist seine Größe abhängig von der Leistungsfähigkeit der Feuerlöschkreiselpumpe. So kann eine FPN 10-1000 einen Förderstrom von 1000 l/min mit einem Förderdruck von 10 bar weiterfördern. Bekommt die Feuerlöschkreiselpumpe die Fördermenge mit einem bestimmten Druck zugeführt, kann dieser zugeführte Druck dem Förderdruck zugerechnet werden.

Beispiel: FPN 10-1000

Q = 1000 l/min
 p = 10 bar
 p_e = 2 bar
 p_a = ? bar

$$\rightarrow p = p_a - p_e \rightarrow p_a = p + p_e \rightarrow p_a = 10 \text{ bar} + 2 \text{ bar} = \underline{12 \text{ bar}}$$

3.4 Druckverlust durch Reibung (p_R)

Druckverluste durch Reibung entstehen durch den Reibungswiderstand des Flüssigkeitsmediums Wasser in der Schlauchleitung.

Der Druckverlust durch Reibung ist abhängig:

- a) vom Durchmesser des Schlauches:
Je größer der Durchmesser der Schlauchleitung, umso kleiner ist bei gleichem Förderstrom der Druckverlust.

Würde man einen bestimmten Förderstrom nicht durch eine B-Druckleitung fördern, sondern durch eine C-52 Förderleitung, würde der Druckverlust durch Reibung etwa 5-6 mal und in einer C-42 Leitung sogar 15-20 mal so groß wie in einer vergleichbaren B-Schlauchleitung sein.

Förderleitung	Fördermenge Q [l/min]	Druckverlust p_R [bar]
B	400	0,3
C-52	400	1,7
C-42	400	5,4

Tab. 1: Druckverluste je 100 m Förderleitung (nach Dr. Heterich)

- b) von dem Förderstrom:
Je größer der Förderstrom in der Förderleitung, umso größer ist auch der Druckverlust.

Überschlägig gilt: Doppelter Förderstrom \rightarrow vierfacher Druckverlust

- c) von der Entfernung:
Je länger die durchströmte Förderleitung, umso größer ist auch der Druckverlust.

Dabei verhält sich der Druckverlust proportional zur Länge der Förderleitung.

- d) von der Rauigkeit der Förderleitung:
da im praktischen Feuerwehreinsatz vornehmlich innengummiertes Schlauchmaterial zum Einsatz kommt, ist die Rauigkeit konstant und kann für die praktische Anwendung vernachlässigt werden.

Durch Versuche wurden folgende grundsätzlichen Druckverlustgrößen infolge der Reibung ermittelt:

Förderstrom [l/min]	Druckverlust (p_R) pro 100 m B-Druckschlauch [bar]
400	0,3
600	0,6
800	1,0
1.000	1,4
1.200	2,0
1.600	4,0

Tab. 2: Druckverlustwerte bei verschiedenen Förderströmen

3.5 Druckverlust durch Höhenzunahme (p_{geo})

Das Gelände kann bei einer Förderstrecke von der Wasserentnahmestelle bis zur Brandstelle steigen oder fallen.

Steigt das Gelände, so verzeichnet man einen Druckverlust durch Höhenzunahme. Dabei ergibt sich pro Meter Steigung im Gelände oder Gebäude ein Druckverlust von 0,1 bar. Fällt das Gelände, so ergibt sich ein Druckgewinn durch die Höhenabnahme. Auch hierbei verändert sich der Druck pro Meter Gefälle um 0,1 bar, d. h. 1 m Gefälle bedeutet 0,1 bar Druckgewinn.

Da Höhenanstiege bzw. Höhenabnahmen im Gelände oder in Gebäuden in Meter angegeben werden, muss für Berechnungen der Höhenwert zuerst in eine Druckangabe umgewandelt werden. Dies kann vereinfacht mit folgender Gleichung erfolgen:

$$p_{geo} = \frac{H_{geo} \cdot 1 \text{ bar}}{10 \text{ m}}$$

Dabei bedeuten:

p_{geo} = Druckverlust oder Druckgewinn durch Höhenzunahme in bar
 H_{geo} = Höhenänderung in Meter

Zur Ermittlung des Höhenunterschiedes zwischen der Wasserentnahmestelle und der Brandstelle gibt es verschiedene Hilfsmittel:

- Visiereinrichtungen,
- Winkelmesser,
- kartografische Zeichnungen (Katasteramt),

- Höhenmessbarometer oder
- Abschätzungen des Höhenunterschiedes.

Achtung!

Das Abschätzen erfordert viel Übung und sollte nur in seltenen Fällen angewendet werden, weil durch falsches Schätzen die Wasserförderung in Frage gestellt werden kann.

3.6 Strahlrohrdruck (p_{str})

Der Druckbedarf am Strahlrohr wird hauptsächlich vom Brandgeschehen bestimmt. Einen einheitlichen Strahlrohrdruck gibt es demnach nicht. Allerdings wird für Berechnungen bei der Löschwasserförderung bei Mehrzweckstrahlrohren ein Strahlrohrdruck von 5 bar angesetzt.

Die nach zurückgezogener DIN 14 200 genormten Strahlrohre liefern bei einem Druck von 5 bar am Strahlrohr folgende Faustwerte:

- CM-Strahlrohr mit Mundstück ca. 100 l/min
- CM-Strahlrohr ohne Mundstück ca. 200 l/min
- BM-Strahlrohr mit Mundstück ca. 400 l/min
- BM-Strahlrohr ohne Mundstück ca. 800 l/min

Ist der Druck am Strahlrohr geringer als 5 bar, so sind auch die Wasserlieferung und die Wurfweite geringer. Bei der Wasserförderung ist es erforderlich, dass der benötigte Strahlrohrdruck bei den Berechnungen berücksichtigt wird, damit die Brandstellenpumpe den Druck für die Strahlrohre aufbringen kann. Werden von den Herstellern bei Hohlstrahlrohren (DIN EN 15182-2) und bei Strahlrohren mit Vollstrahl und/oder einem unveränderlichen Sprühstrahlwinkel (DIN EN 15182-2) in den Bedienungsanleitungen andere Strahlrohrdrücke vorgegeben, dann sind diese in der Berechnung zu berücksichtigen.

3.7 Verfügbarer Druck (p_v)

Der verfügbare Druck bei einer Löschwasserförderstrecke ergibt sich aus dem vorhandenen Druckangebot der Feuerlöschkreiselpumpe, also dem Ausgangsdruck (p_a) und dem Druckbedarf; entweder als Eingangsdruck an der nächsten Feuerlöschkreiselpumpe oder als notwendiger Strahlrohrdruck.

$$p_v = p_a - p_e$$

→ Teilstrecke

$$p_v = p_a - p_{str}$$

→ Brandstellenstrecke

Der verfügbare Druck kann für Druckverluste, die aufgrund der Streckenführung in Form von Druckverlusten durch Reibung oder durch Höhenzunahme auftreten können, verwendet werden.

s	Länge der Förderstrecke (m)
H_{geo}	Höhenunterschied in der Förderstrecke (m)
P	Förderdruck in der Feuerlöschkreislumppe (bar)
p_a	Druck im Austrittsquerschnitt der Pumpe (Ausgangsdruck) (bar)
p_e	Druck im Eintrittsquerschnitt der Pumpe (Eingangsdruck) (bar)
p_{geo}	Druckverlust bzw. Druckgewinn (Gelände und/oder Gebäude) (bar)
p_R	Druckverlust durch Reibung (bar)
p_{Str}	Druckbedarf am Strahlrohr (bar)
p_v	Verfügbare Druck (bar)
Q	Förderstrom (l/min)

Tab. 3: Übersicht der gebräuchlichsten Abkürzungen bei der Löschwasserförderung

4 Berechnung einer Löschwasserförderstrecke

Formelsammlung		
Verfügbare Druck	Ausgangsdruck letzte FP	
$p_v = p_a - p_e \text{ oder } p_a - p_{Str}$	$p_a = \frac{S \cdot p_R}{100 m} + p_{Str} \pm p_{geo}$	
Entfernung in ebenem Gelände	Gesamtdruckverlust durch Reibung	
$S = \frac{p_v}{p_R} \cdot 100 m$	$p_{R_{ges}} = \frac{p_R \cdot S}{100 m}$	
Druckverlust (-gewinn) durch Höhenzunahme (-abnahme)	Gesamtdruckbedarf	
$p_{geo} = \frac{H_{geo} \cdot 1 bar}{10 m}$	$p_{ges} = p_{R_{ges}} + p_{geo_{ges}} + p_{Str}$	
Entfernung in unebenem Gelände	Anzahl der Pumpen	Anzahl der Schläuche
$S = \frac{p_v \pm p_{geo}}{p_R} \cdot 100 m$	$n_{FP} = \frac{p_{ges}}{p_v}$	$n_B = \frac{S_{ges}}{S_B}$
Anmerkung: Angaben Entfernungen E und Höhen H in m und Drücke p in bar		

Abb. 3: Formelsammlung

Für die Berechnung einer Förderstrecke müssen einige Förder- und Streckendaten bekannt sein, die sind im Wesentlichen:

- der Förderstrom Q → p_R
- das Geländeprofil → p_{geo}
- die Art der Strecke → p_v

Aufgrund der bekannten Daten kann mit folgender einfachen Gleichung die Länge der Förderstrecke in Meter errechnet werden:

$$s = \frac{(p_v \pm p_{\text{geo}})}{p_r} \cdot 100\text{m}$$

Rechenbeispiele („Einfachleitung“):

Beispiel 1:

Wie groß kann die Entfernung zwischen zwei Feuerlöschkreiselpumpen FPN 10-1000 sein, wenn folgende Förderdaten beachtet werden müssen?

$$\begin{aligned} Q &= 800 \text{ l/min} & \Rightarrow p_R = 1 \text{ bar/100 m} \\ p_a &= 10 \text{ bar} \\ p_e &= 1,5 \text{ bar} \\ H_{\text{geo}} &= 15 \text{ m} \end{aligned}$$

Lösung:

$$s = \frac{(p_v \pm p_{\text{geo}})}{p_R} \cdot 100 \text{ [m]} \quad \rightarrow \quad s = \frac{(8,5 \text{ bar} - 1,5 \text{ bar})}{1 \text{ bar}} \cdot 100 \text{ m}$$

$$\underline{s = 700 \text{ m}}$$

Beispiel 2:

Eine Einsatzstelle soll mit Wasser versorgt werden! Wie groß kann die Entfernung zwischen einer eingesetzten PFPN 10-1000 und der Wasserabgabestelle sein, wenn folgende Förderdaten beachtet werden müssen?

$$\begin{aligned} Q &= 800 \text{ l/min} & \Rightarrow p_R = 1 \text{ bar/100 m} \\ p_a &= 8 \text{ bar} \\ p_e &= 1,5 \text{ bar} \\ H_{\text{geo}} &= 0 \text{ m} \end{aligned}$$

Lösung:

$$s = \frac{(p_v \pm p_{\text{geo}})}{p_R} \cdot 100 \text{ m} \quad \rightarrow \quad s = \frac{(6,5 \text{ bar} - 0 \text{ bar})}{1 \text{ [bar]}} \cdot 100 \text{ m}$$

$$\underline{s = 650 \text{ m}}$$

Beispiel 3:

Wie groß kann die Entfernung zwischen zwei Feuerlöschkreispumpen FPN 10-1000 sein, wenn folgende Förderdaten beachtet werden müssen?

$$Q = 1.000 \text{ l/min} \Rightarrow p_R = 1,4 \text{ bar/100 m}$$

$$p_a = 10 \text{ bar}$$

$$p_e = 1,5 \text{ bar}$$

$$H_{\text{geo}} = 15 \text{ m}$$

Lösung:

$$s = \frac{(p_v \pm p_{\text{geo}})}{p_R} \cdot 100 \text{ [m]} \rightarrow s = \frac{(8,5 \text{ bar} - 1,5 \text{ bar})}{1,4 \text{ bar}} \cdot 100 \text{ m}$$

$$\underline{s = 500 \text{ m}}$$

5 Berechnung des Gesamtdruckes bei „Förderstrecken über lange Wege“ (Pumpenreihenschaltung)

Ist die Entfernung zwischen der Wasserentnahme und der Brandstelle so groß, dass das Energiepotenzial einer Feuerlöschkreispumpe zur Deckung nicht ausreicht, müssen mehrere Pumpen eingesetzt werden.

Um die Reihenschaltung der Pumpen durchführen zu können, ist zuerst der Gesamtdruck (p_{ges}) zu ermitteln. Daraus ergibt sich die Anzahl der für eine Strecke benötigten Feuerlöschkreispumpen.

Der Gesamtdruck (p_{ges}) ist abhängig von:

- dem Gesamthöhenunterschied zwischen Wasserentnahmestelle und Brandstelle (H_{geo})
- dem Druckverlust durch Reibung (p_R)
- dem Strahlrohrdruck (p_{Str})

Somit gilt:

$$\boxed{p_{\text{ges}} = \pm p_{\text{geo}} + p_R + p_{\text{Str}}}$$

Rechenbeispiel („Förderstrecken über lange Wege“):

Wie groß ist der Gesamtdruck, wenn folgende Daten berücksichtigt werden (Einfachleitung)?

$$\begin{aligned}Q &= 1.200 \text{ l/min} \Rightarrow p_R = 2 \text{ bar/100 m} \\p_a &= 8 \text{ bar} \\p_e &= 1,5 \text{ bar} \\p_{Str} &= 5 \text{ bar} \\s_{ges} &= 440 \text{ m} \\H_{geo} &= 70 \text{ m}\end{aligned}$$

Lösung:

$$p_{ges} = \pm p_{geo} + p_R + p_{Str} \qquad p_{ges} = 7 \text{ bar} + 9 \text{ bar} + 5 \text{ bar} = 21 \text{ bar}$$

6 Berechnung der Anzahl der benötigten Pumpen

Die Anzahl der benötigten Pumpen errechnet sich aus dem Gesamtdruck (p_{ges}) und dem verfügbaren Druck (p_v) nach folgender Formel:

$$n_{FP} = \frac{p_{ges}}{p_v}$$

Rechenbeispiel („Einfachleitung“):

$$\begin{aligned}Q &= 1.000 \text{ l/min} \Rightarrow p_R = 1,4 \text{ bar/100 m} \\s_{ges} &= 640 \text{ m} \\H_{geo} &= 70 \text{ m} \\p_a &= 8 \text{ bar} \\p_e &= 1,5 \text{ bar}\end{aligned}$$

Lösung:

$$p_{ges} = \pm p_{geo} + p_R + p_{Str} \qquad p_{ges} = 7 \text{ bar} + 9 \text{ bar} + 5 \text{ bar} = 21 \text{ bar}$$

$$n_{FP} = \frac{p_{ges}}{p_v} \Rightarrow n_{FP} = \frac{21 \text{ bar}}{6,5 \text{ bar}} = 3,23 \text{ Pumpen} = 3 \text{ Pumpen}$$

7 Einfach- und Doppelleitung

Bei der Wasserförderung gilt die Regel:

- viele Pumpen, geringer Schlauchbedarf
- wenige Feuerlöschkreispumpen, hoher Schlauchbedarf

Rechenbeispiel („Einfachleitung - Doppelleitung“)

Förderdaten:

$$Q = 1.200 \text{ l/min}$$

$$p_a = 8 \text{ bar}$$

$$p_e = 1,5 \text{ bar}$$

$$p_{Str} = 5 \text{ bar}$$

$$s_{ges} = 1.340 \text{ m}$$

Möglichkeit Einfachleitung:

Lösung:

$$Q = 1.200 \text{ l/min} \Rightarrow p_R = 2 \text{ bar/100 m}$$

$$p_{ges} = \pm p_{geo} + p_R + p_{Str}$$

$$p_{ges} = 0 \text{ bar} + 27 \text{ bar} + 5 \text{ bar} = 32 \text{ bar}$$

$$n_{FP} = \frac{p_{ges}}{p_v} \Rightarrow n_{FP} = \frac{32 \text{ bar}}{6,5 \text{ bar}} = 5 \text{ Pumpen}$$

Erforderliches Material:

5 Feuerlöschkreispumpen, 67 B-Druckschläuche

Möglichkeit Doppelleitung:

$$Q = 600 \text{ l/min} \Rightarrow p_R = 0,6 \text{ bar/100 m}$$

Lösung:

$$p_{ges} = \pm p_{geo} + p_R + p_{Str}$$

$$p_{ges} = 0 \text{ bar} + 8 \text{ bar} + 5 \text{ bar} = 13 \text{ bar}$$

$$n_{FP} = \frac{p_{ges}}{p_v} \Rightarrow n_{FP} = \frac{13 \text{ bar}}{6,5 \text{ bar}} = 2 \text{ Pumpen}$$

Erforderliches Material:

2 Feuerlöschkreispumpen, 134 B-Druckschläuche

8 Pumpenabstände

Der Pumpenabstand errechnet sich nach der Streckenführung im Gelände. So muss jede Geländeänderung in die Berechnung der Abstände für die Pumpen mit einbezogen werden.

Die Änderung des Geländenniveaus wird durch Kartenmaterial, Messungen mit Höhen-Messgeräten oder durch Schätzen (sehr ungenau) ermittelt.

Anmerkung

Für besondere Objekte wie z. B. Waldhotels u. ä. sind Alarmpläne zu erstellen, in denen die Standorte der Feuerlöschkreispumpen bereits festgelegt sind.

Da sich das Gelände in der Regel ungleichmäßig ändert, muss für jede Teilstrecke eine Berechnung durchgeführt werden.

Zur Bestimmung der Pumpenabstände kann man die Ablesetafel für Pumpenabstände bei Reihenschaltung oder ein graphisches Verfahren verwenden. Die Bestimmung der Pumpenabstände kann heutzutage aber auch über GPS-gestützte Messgeräte erfolgen.

9 Planung und Aufbau von Löschwasserförderstrecken

Eine Löschwasserförderung über lange Wegstrecken beschreibt, dass Löschwasser von einer Entnahmestelle (Hydrant, Löschwasserbehälter, fließendes Gewässer o. ä.) zu einer Abgabestelle (z. B. Strahlrohre o.ä.) zu fördern ist. Dies kann mit einer größeren Anzahl an Pumpen und verschiedenen Arten von Pumpen von der Wasserentnahmestelle bis zur Wasserabgabestelle möglich sein.

Aufgabe der Löschwasserförderung ist es, eine Einsatzstelle mit einer ausreichenden Löschwassermenge und einem ausreichenden Druck zu versorgen.

9.1 Festlegung der Einsatzmittel und Planung der Förderstrecke

Bei der Planung der Einsatzmittel und der Förderstrecke sind viele Faktoren zu berücksichtigen. Um beispielsweise die Menge der eingesetzten Feuerlöschkreispumpen und deren Abstände zu planen, sind folgende Punkte in die Planung mit einzubeziehen:

- Art und Umfang der Löschwasserentnahmestelle/n
- Dauer der Löschmaßnahmen
- Druckverluste durch Reibung in der Schlauchleitung durch den Förderstrom (l/min) und Länge der zu legenden Schlauchleitung
- Druckverluste durch Höhenunterschiede im Gelände
- Benötigter Löschwasserstrom an der Wasserabgabestelle (l/min)
- Benötigter Ausgangsdruck an der Wasserabgabestelle (bar)
- Freigesetzte Wärmeenergie der brennbaren Stoffe (Heizwerte)
- Einsatztaktik
- verfügbare Einsatzmittel
- Art und Anzahl der Feuerlöschkreispumpen (z. B. FPN, PFPN)

- Art und Anzahl des Schlauchmaterials
- Art und Anzahl verfügbarer Auffangbehälter

Auch ein Absperrorgan hinter dem Pumpenausgang kann sich als hilfreich erweisen. Fällt eine Pumpe aus, kann man so die Schlauchleitung mit dem Absperrorgan schnell abkuppeln. Nun kann die Pumpe ausgetauscht werden, ohne dass die gesamte Leitung leer läuft.

Als Ausfallreserven sollten an jeder Strecke vorgehalten werden:

- für vier eingesetzte Feuerlöschkreispumpen; eine Reservepumpe
- für 100 m B-Schlauchlänge; ein B-Schlauch

9.2 Förderstrecke

Als Förderstrecke bezeichnet man die Länge der Schlauchleitung zwischen einer Löschwasserentnahmestelle und der Wasserabgabestelle. Man kann die Förderstrecke in drei Abschnitte untergliedern:

- Abstand Wasserentnahmestelle bis zur ersten Feuerlöschkreispumpe
- Abstand von der ersten Feuerlöschkreispumpe bis zur Brandstellenpumpe
- Abstand von der Brandstellenpumpe bis zum Wasserabgabeort (z. B. Strahlrohr)

Die Feuerlöschkreispumpe zwischen der Wasserentnahmestelle und der Brandstellenpumpe werden auch Verstärkerpumpen genannt.

9.2.1 Möglichkeiten der Planung einer Förderstrecke

Es gibt verschiedene Möglichkeiten für die Planung einer Förderstrecke:

- Bestimmung durch Ablesetafeln
- Bestimmung durch Berechnung
- Bestimmung durch grafisches Verfahren

Generell hat sich im Einsatzfall gezeigt, dass eine Planung im Vorfeld eine erhebliche Zeitersparnis aufweist. Hat man bestimmte Objekte oder größere Waldabschnitte in seinem Zuständigkeitsbereich, die eine Löschwasserförderung über eine lange Wegstrecke erfordern, sollte man im Vorfeld Feuerwehreinsatzpläne erstellen. So hat man zum einen den Vorteil, im Ernstfall wichtige Zeit zu sparen und zum anderen den erstellten Feuerwehreinsatzplan praktisch zu üben. Man sieht schnell und einfach, ob die gewählten taktischen Maßnahmen in der Einsatzpraxis umzusetzen sind oder ob es noch Verbesserungsbedarf gibt.

9.3 Aufbau einer Förderstrecke mit Hilfe Ablesetafel und Höhenmesser

Nach Festlegung aller erforderlichen Förderdaten und Ermittlung der Ausrüstung ist der Verlauf der Schlauchtrasse zu bestimmen. Die Schlauchtrasse wird dann zuerst als durchgehende Leitung, soweit als möglich, mit gleichlangen B-Druckschläuchen (DIN 14811) verlegt.

Beginnend an der Wasserentnahmestelle geht ein Messtrupp mit einem Höhenmesser und der Ablesetafel die Strecke ab. Der Höhenmesser zeigt dem Messtrupp den jeweiligen Höhenunterschied an; durch Abzählen der bereits verlegten B-Druckschläuche wird die jeweilig zurückgelegte Strecke angezeigt.

Mittels Schiebleiste werden die gemessenen Werte ständig auf die Ablesetafel übertragen. Stimmen die Werte auf der Ablesetafel mit den gemessenen Werten überein, ist der Aufstellort der ersten Feuerlöschkreiselpumpe erreicht. Der Standort wird gekennzeichnet bzw. eine Feuerlöschkreiselpumpe in die Strecke eingebaut.

Der Höhenmesser wird wieder auf null gestellt und beginnend an dem eben festgestellten Standort wird mit der Ermittlung des nächsten Pumpenstandortes begonnen. Ist die Förderstrecke komplett ausgemessen und aufgebaut, ist die Wasserförderung auf die befohlenen Werte auszurichten.

9.3.1 Bestimmung durch eine Ablesetafel

Ohne Höhenunterschiede im Gelände hat man auf einer längeren Wegstrecke einen Druckverlust. Dieser ergibt sich zum einen aus dem Druckbedarf am Strahlrohr und zum anderen durch Druckverluste durch Reibung im Schlauch, in den das Löschwasser gefördert wird.

Je mehr Löschwasser gefördert wird, desto höher ist der Druckverlust durch Reibung im Schlauch.

Bei einem Förderstrom von 800 l/min und einem verfügbaren Druck von 6,5 bar können die Feuerlöschkreiselpumpen gemäß der Ablesetafel (Abb. 4) 640 m auseinander stehen.

Aufgrund der höheren Druckverluste durch Reibung in den Schlauchleitungen sollte bei Wasserförderung mit einer B-Schlauchleitung ein Förderstrom von 1.000 l/min nicht überschritten werden. Bei einem Förderstrom von 1.000 l/min würde sich gemäß der Ablesetafel (Abb. 4) die Entfernung auf 460 m verringern.

Hier empfiehlt sich den Förderstrom auf zwei B-Schlauchleitungen (Doppelleitung) aufzuteilen. Bei einem Förderstrom von je 500 l/min pro B-Schlauchleitung ergibt sich gemäß der Ablesetafel (Abb. 4) eine Entfernung von 1.620 m.

Ablesetafel für Pumpenreihenschaltung									
Druckverlust [bar]	Förderstrom (Q) [l/min]								Druckverlust [bar]
	400	500	600	700	800	900	1000	1200	
	Druckverlust durch Reibung (p_R) / 100 m B-Druckschlauch [bar]								
	0,3	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	2	
Pumpenabstände (Schlauchstrecke) [m]									
0,5	160	120	80	60	40	40	20	20	0,5
1	320	240	160	120	100	80	60	40	1
1,5	500	360	240	180	140	120	100	60	1,5
2	660	500	320	240	200	160	140	100	2
2,5	820	620	400	300	240	200	160	120	2,5
3	1000	740	500	360	300	240	200	140	3
3,5	1160	860	580	420	340	280	240	160	3,5
4	1320	1000	660	500	400	320	280	200	4
4,5	1500	1120	740	560	440	360	320	220	4,5
5	1660	1240	820	620	500	400	340	240	5
5,5	1820	1360	900	680	540	440	380	260	5,5
6	2000	1500	1000	740	600	500	420	300	6
6,5	2160	1620	1080	800	640	540	460	320	6,5
7	2320	1740	1160	860	700	580	500	340	7
7,5	2500	1860	1240	920	740	620	520	360	7,5
8	2660	2000	1320	1000	800	660	560	400	8
8,5	2820	2120	1400	1060	840	700	600	420	8,5
9	3000	2240	1500	1120	900	740	640	440	9
9,5	3160	2360	1580	1180	940	780	660	450	9,5
10	3320	2500	1660	1240	1000	820	700	500	10
10,5	3500	2620	1740	1300	1040	860	740	520	10,5
11	3660	2740	1820	1360	1100	900	780	540	11

Werte gelten bei verfügbarem Druck

Werte gelten bei verfügbarem Druck

Abb. 4: Ablesetafel für Pumpenreihenschaltung

9.3.2 Bestimmung durch das grafische Verfahren

Bei der Bestimmung durch das grafische Verfahren werden die Abstände der Feuerlöschkreiselpumpen zeichnerisch ermittelt.

Auf der waagrechten Achse (Entfernung) werden die möglichen Schlauchlängen, die bei dem jeweils verfügbaren Druck möglich wären, eingezeichnet.

Auf der senkrechten Achse werden die verfügbaren Drücke und somit die erreichbaren Höhen eingetragen (10 m Höhenunterschied bedeuten 1 bar Druckverlust bzw. 1 bar Druckgewinn).

Die jeweiligen Schnittpunkte werden durch die Druckabfalllinien (orange gestrichelte Linien) verbunden.

Weitere Druckabfalllinien werden parallel zur ersten Druckabfalllinie eingezeichnet.

Die Druckabfalllinie ist abhängig von dem verfügbaren Druck (p_V) und dem Druckverlust durch Reibung (p_R).

Des Weiteren ist das Geländeprofil (grüne Linie) einzuzichnen. Dieses Geländeprofil wird z. B. mit Kartenmaterial, Höhenmesser oder einem Computerprogramm wie z. B. „Top 50“ ermittelt und anschließend eingetragen.

Beispiel 1:

Es stehen Feuerlöschkreiselpumpen FP 8/8 zur Verfügung. Gefördert werden 800 l/min bei einem Ausgangsdruck von 8 bar. Zwischen der Feuerlöschkreiselpumpe an der Wasserentnahmestelle und der 1. Verstärkerpumpe steht ein verfügbarer Druck von 6,5 bar und für die nachfolgenden Verstärkerpumpen 8 bar zur Verfügung.

Die Gesamtförderstrecke beträgt 2.100 m. Es müssen weitere Verstärkerpumpen eingesetzt werden. Dazu müssen über die gesamte Länge der Förderstrecke Druckabfalllinien eingezeichnet werden.

Es ist darauf zu achten, dass bei Verwendung der gleichen Feuerlöschkreiselpumpen die Linien parallel gezeichnet werden. Werden stärkere oder schwächere Feuerlöschkreiselpumpen eingesetzt, ändern sich auch die Druckabfalllinien in Länge und Winkel entsprechend des verfügbaren Drucks und der geförderten Löschwassermenge.

Der „Nullpunkt“ stellt den Ort dar, an dem sich die Wasserentnahmestelle (WE) befindet. Dort muss auch die erste Feuerlöschkreiselpumpe aufgestellt werden.

Die Schnittpunkte der Druckabfalllinien mit dem Geländeprofil ergeben die Standorte der Feuerlöschkreiselpumpen. Wenn das Aufstellen der Feuerlöschkreiselpumpen aufgrund der geographischen Gegebenheiten nicht möglich ist, muss man die Feuerlöschkreiselpumpe etwas näher in Richtung des Nullpunktes positionieren. Auch hier erweist sich eine gute Vorplanung als hilfreich. Zum einen weiß man, wo die Feuerlöschkreiselpumpe bzw. Fahrzeuge aufgestellt werden und zum anderen kann man an strategisch günstigen Punkten Freiflächen dafür schaffen.

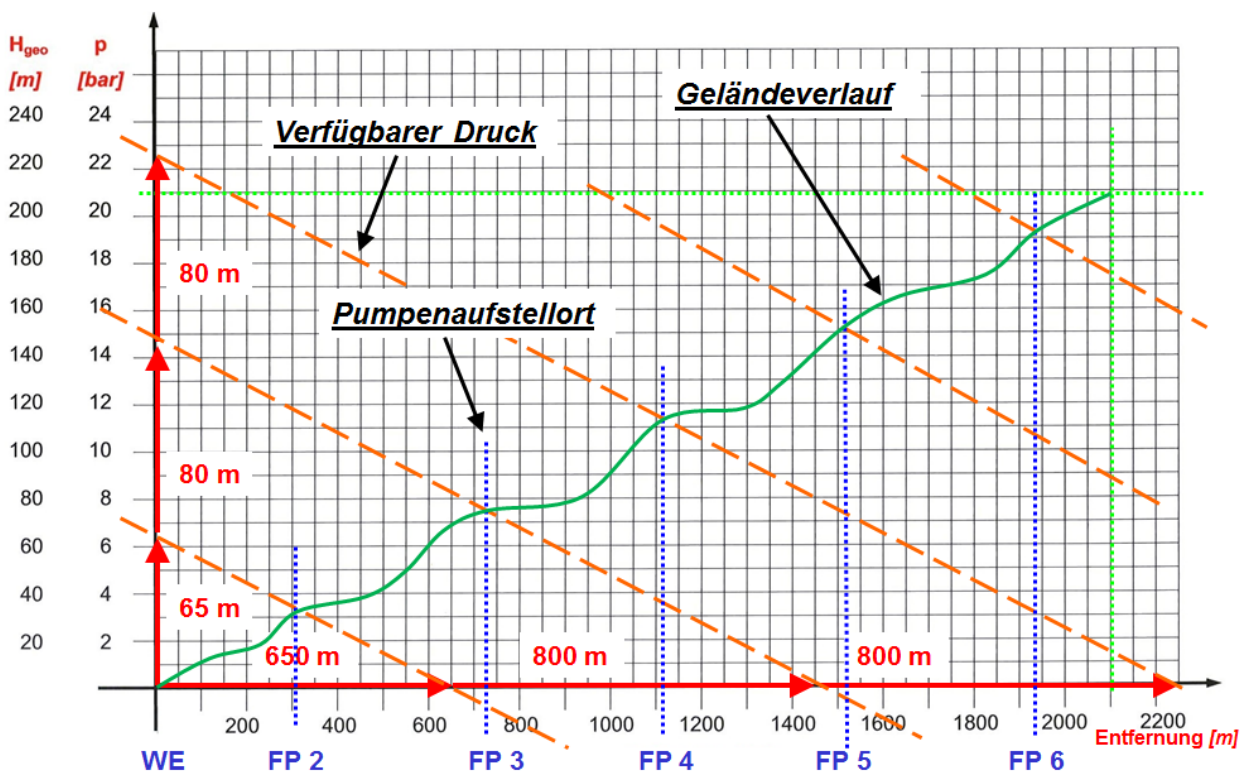


Abb. 5: Grafisches Verfahren ($Q = 800 \text{ l/min}$, $p_r = 1,0 \text{ bar pro } 100 \text{ m B-Schlauch}$)

Beispiel 2:

Es stehen Feuerlöschkreiselpumpen FPN 10-1000 zur Verfügung. Gefördert werden 1.000 l/min bei einem Ausgangsdruck von 10 bar. Zwischen der Feuerlöschkreiselpumpe an der Wasserentnahmestelle und der 1. Verstärkerpumpe steht ein verfügbarer Druck von 8,5 bar und für die nachfolgenden Verstärkerpumpen ein verfügbarer Druck von 10 bar zur Verfügung.

Daraus ergibt sich die nachfolgende Grafik.

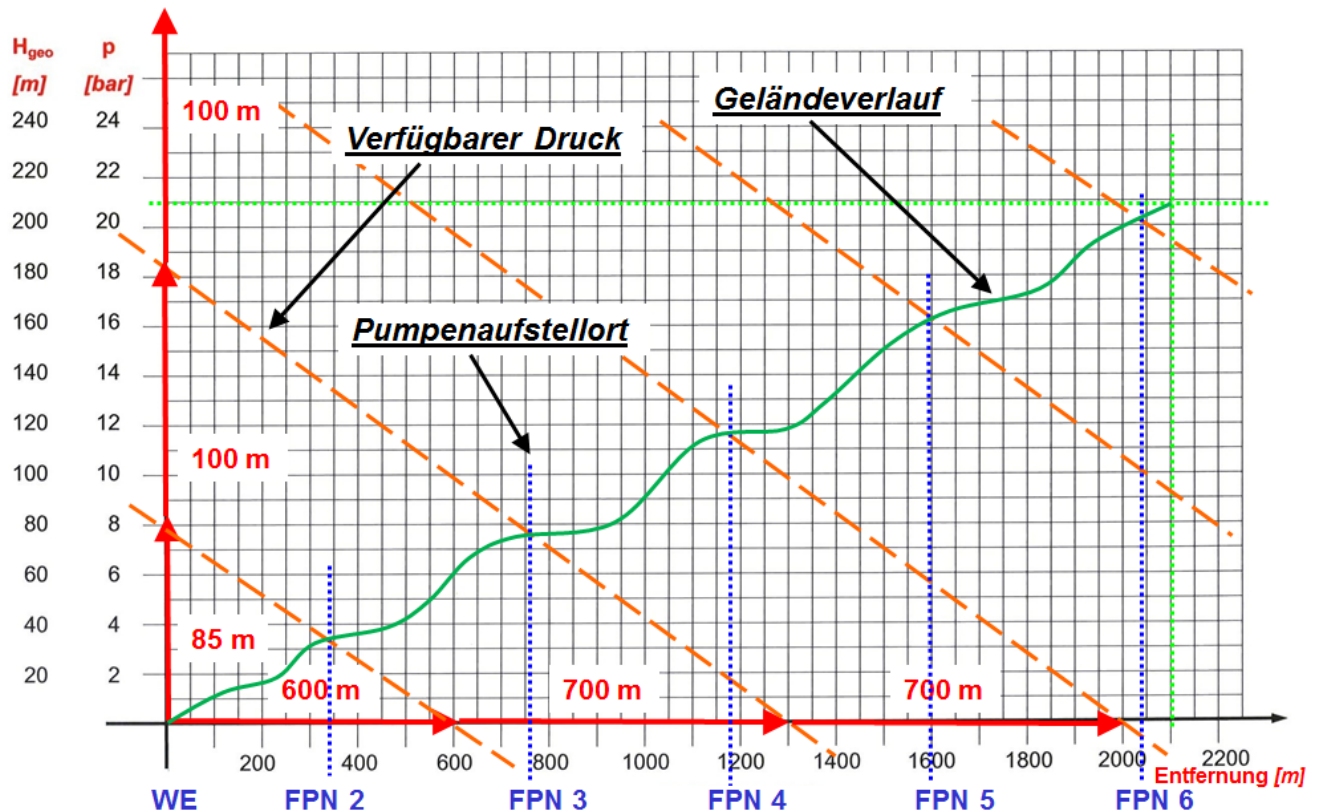


Abb. 6: Grafisches Verfahren ($Q = 1.000 \text{ l/min}$, $p_r = 1,4 \text{ bar pro } 100 \text{ m B-Schlauch}$)

10 Schaltreihen

In der Löschwasserförderung gibt es zwei verschiedene Schaltreihen: die „offene Schaltreihe“ und die „geschlossene Schaltreihe“. Beide haben einen unterschiedlichen Materialbedarf sowie ihre Vor- und Nachteile.

Auch eine Kombination einer gesamten Förderstrecke zwischen offener und geschlossener Schaltreihe ist möglich.

10.1 Offene Schaltreihe

Am Ende einer offenen Schaltreihe hat das Wasser einen freien Auslauf und wird in einem extra dafür vorgesehenen Wasserbehälter (z. B. Faltbehälter provisorischer Behälter) zwischengespeichert. Es wird eine Aufstellfläche für den Löschwasserbehälter benötigt. Die Feuerlöschkreiselpumpe, die nach dem Wasserbehälter steht, muss das Löschwasser ansaugen und es weiter fördern. Da das Wasser frei in den Behälter ausläuft und von der

nächsten Feuerlöschkreiselpumpe neu angesaugt wird, entstehen keine Druckstöße in der Schaltreihe.

Die Entfernung zwischen den Feuerlöschkreiselpumpen verlängert sich, da durch den freien Einlauf in den Behälter kein Eingangsdruck erforderlich ist.

Daraus ergibt sich ein geringerer Pumpenbedarf. Auch eine Pufferung von Löschwasser ist möglich. So kann beispielsweise bei einem „Schlauchplatzer“ unterhalb der Verstärkerpumpe weiterhin Löschwasser gefördert werden.

Als Puffer können auch Baucontainer, flüssigkeitsdichte Abrollbehälter eines Wechselladerfahrzeuges oder Abrollbehälter eines Wechselladerfahrzeuges, ausgelegt mit Folien, dienen. Der Zufluss in den Wasserbehälter muss größer sein als die daraus entnommene Löschwassermenge. Der Zulauf sollte mittels Absperrorgan absperrbar sein, damit ein Überlauf des Behälters verhindert werden kann.

Für den Einlauf in einen Wasserbehälter gibt es viele Varianten. Der ankommende Schlauch (in der Regel B-Schlauch) kann mittels Übergangsstück an einen Saugschlauch, an ein Standrohr, an einen am Behälter befestigten Stützkrümmer oder an ein Sammelstück etc. gekuppelt werden.

Um eine Verschmutzung (Verstopfen) des Saugkorbes in einem extrem sumpfigen Gewässer zu vermeiden, kann der Saugkorb der Förderpumpe in eine Mulde gelegt werden.



Abb. 7: Saugkorb in Mulde

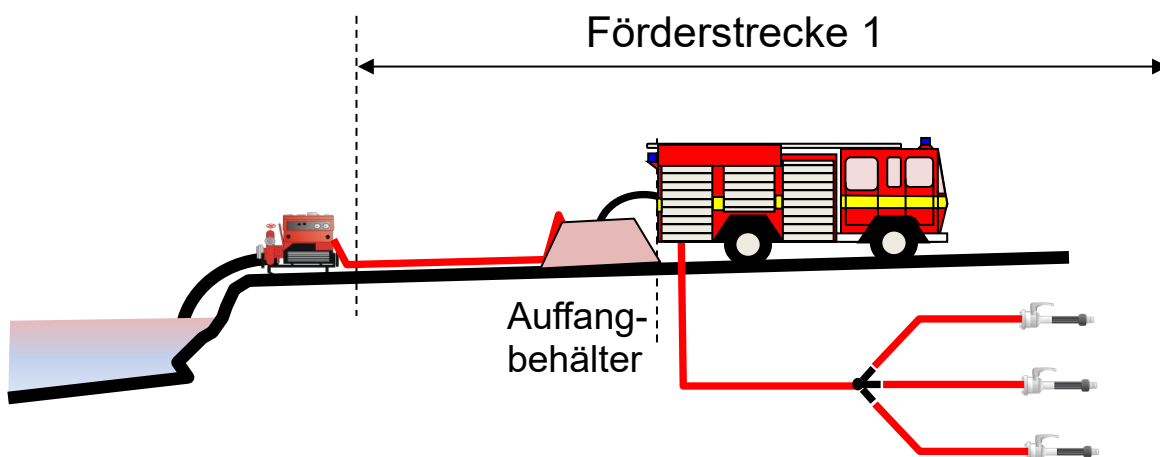


Abb. 8: Offene Schaltreihe

Vorteile:

- Druckstöße werden vermieden (durch freien Auslauf)
- Pufferung des Löschwassers möglich
- größere Förderstrecke möglich
- geringerer Pumpenbedarf

Nachteile:

- Bedarf an Auffangbehältern
- Freiflächen für Auffangbehälter

10.1.1 Bilder einer Löschwasserübergabestelle



Abb. 9: Löschwasserübergabestelle



Abb. 10: Behälter mit Stützgerüst



Abb. 11: Behälter mit Stützgerüst



Abb. 12: Selbstaufstellender Behälter



Abb. 13: Vorbereitung Behälter mit 4 Steckleiterteilen



Abb. 14: Vorbereitung Behälter mit 8 Steckleiterteilen



Abb. 15: Fertiger Behälter mit 8 Steckleiterteilen und Plane



Abb. 16: Möglichkeit des Einlaufs

10.2 Geschlossene Schaltreihe

In der Löschwasserförderstrecke einer geschlossenen Schaltreihe wird das Löschwasser direkt in den Pumpeneingang der nächsten Feuerlöschkreiselpumpe gefördert.

In der geschlossenen Schaltreihe müssen keine Wasserbehälter aufgebaut werden.

Das dafür vorgesehene Material sowie die Aufbauzeit können eingespart werden und es gibt auch keinerlei Wasserverlust, da das System in sich geschlossen ist.

Es ist ein Eingangsdruck von ca. 1,5 bar an den jeweiligen Verstärkerpumpen einzuregeln („Reserve“).

Anmerkung

Dies hat nichts mit dem Ein- und Ausschalten der Entlüftungseinrichtung zu tun, da dieser Vorgang über den Ausgangsdruck der Feuerlöschkreiselpumpe geregelt wird.

Durch den erforderlichen Eingangsdruck der Feuerlöschkreiselpumpen verkürzt sich gegenüber dem freien Einlauf in einen Behälter die Förderstrecke.

Die Förderung des Löschwassers in der geschlossenen Schaltreihe ist für die Maschinisten an den jeweiligen Pumpenbedienständen schwieriger. Es muss eine genaue Abstimmung zwischen allen Maschinisten stattfinden. Ändert sich beispielsweise die Wasserabgabe oder muss der Druck an der Wasserabgabe verändert werden, muss dies mit allen Maschinisten abgestimmt und an den jeweiligen Feuerlöschkreiselpumpen nachgeregelt werden.

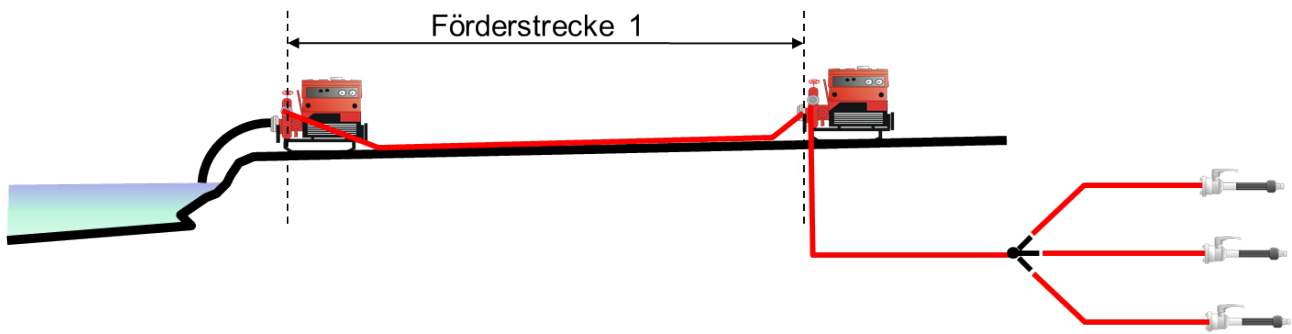


Abb. 17: Geschlossene Schaltreihe

Vorteile:

- schneller aufgebaut
- kein Wasserverlust
- geringerer Materialaufwand
- kein Platzbedarf für Wasserbehälter

Nachteile:

- Bedienung schwieriger
- keine Pufferung
- Eingangsdruck notwendig
- kürzere Förderabschnitte

10.3 Geschlossene Schaltreihe mit Pufferung im Löschwasserbehälter

Soll die Pufferung über einen festeingebauten Löschwasserbehälter eines Feuerwehrfahrzeuges realisiert werden, gibt es zwei verschiedene Methoden. Es kann über die Tankfüllleitung oder über ein Sammelstück eingespeist werden. Der Nachteil über die Tankfüllleitung einzuspeisen liegt darin, dass ein hoher Eingangsdruck den Löschwasserbehälter beschädigen kann. Besser ist es, über ein Sammelstück direkt in die Feuerlöschkreiselpumpe einzuspeisen. Diese ist wesentlich unempfindlicher. Bei Bedarf kann der Maschinist Löschwasser des Löschwasserbehälters in die Löschwasserförderung mit einspeisen oder aus dem geförderten Löschwasserstrom Wasser entnehmen und den Löschwasserbehälter wieder befüllen (Pufferung). Wird das Löschwasser aus einem offenen Gewässer zugeführt, muss im Anschluss der Löschwasserbehälter aufgrund der Kontamination durch das Schmutzwasser gereinigt werden.

11 Verlegen von Schlauchleitungen

Beim Verlegen der Schlauchleitung ist darauf zu achten, dass diese parallel zum Weg gelegt wird. So können weiter Fahrzeuge den Weg passieren. Auch bei Dunkelheit schließt man so Stolperfallen aus.

An Wegen, an denen Fahrzeuge kreuzen können, müssen Schlauchbrücken verlegt werden, um die Schläuche zu schützen. Auch Druckstöße im System werden so vermieden.



Abb. 18: Schlecht verlegte Schlauchleitung



Abb. 19: Verlegte Einfachleitung



Abb. 20: Verlegte Doppelleitung



Abb. 21: Verwendung von Schlauchbrücken

11.1 Verlegen von Schlauchleitungen mittels Feuerwehrfahrzeugen

Zum Verlegen von Schlauchleitungen können Schlauchwagen (SW), Gerätewagen Logistik (GW-L) und Abrollbehälter, die mittels eines Trägerfahrzeuges zur Einsatzstelle gebracht werden können eingesetzt werden. Bei Abrollbehältern und Wechselladerfahrzeugen (WLF) muss man folgende Punkte beachten:

- Auf- und Absatteln kostet Zeit.
- Auf- und Absatteln benötigt viel Platz.
- Entnahme von Schlauchmaterial und PFPN ist schwierig bis gar nicht möglich, so lange der Abrollbehälter „aufgesattelt“ ist.
- WLF sind meist nicht geländefähig /-gänglich.
- WLF wenn geländefähig /-gänglich wesentlich schwerer als ein SW.

Idealerweise wird die Schlauchkomponente von einem LF unterstützt, welches mit einer Tragkraftspritze beladen ist. So hat man zwei weitere leistungsfähige Feuerlöschkreiselpumpen, Einsatzmittel, Armaturen und das Personal, um die Schlauchkomponente zu unterstützen.

Hinweise zum Auslegen der Schläuche:

- Die Schläuche können während der Fahrt der Feuerwehrfahrzeuge verlegt werden.
- Die Fahrzeuge fahren Schrittgeschwindigkeit (ca. 6 km/h).
- Für 1.000 m Strecke beträgt die reine Fahrzeit ca. 10 min.
- Weitere Zeit muss eingeplant werden, um Schlauchbrücken zu verlegen, wenn es Kreuzungspunkte mit anderen Wegen gibt.
- Füllung der Leitung benötigt Zeit.
- Parallelleitung aus einem Feuerwehrfahrzeug heraus ist möglich, aber schwierig (Unfallgefahr!).
- Personen, die auf Fahrzeugen oder Ladebordwänden arbeiten, müssen gesichert sein.



Abb. 22: Person auf der Ladebordwand mit Feuerwehrhaltegurt gesichert



Abb. 23: Verlegen einer B-Schlauchleitung am Rand des Weges

12 Tragbare Tauchmotorpumpe mit Elektroantrieb

Die tragbare Tauchmotorpumpe mit Elektroantrieb eignet sich ebenfalls zum Fördern größere Löschwassermengen. Allerdings hat diese Tauchmotorpumpe einen geringen Förderdruck. So muss hier der Förderstrom in eine geeignete Feuerlöschkreiselpumpe eingespeist werden. Bei der Feuerwehr kommen die Tauchmotorpumpen vom Typ TP 4/1, TP 8/1 sowie die TP 15/1 zur Anwendung.

Die Tauchmotorpumpe TP 15/1 mit einem Förderstrom von 1.500 l/min und einem Ausgangsdruck von 1 bar wird üblicherweise im Katastrophenschutz eingesetzt.

Bei dem Einsatz der tragbaren Tauchmotorpumpe muss darauf geachtet werden, dass geeignete Stromquellen zur Verfügung stehen. Können eigene Stromquellen (z. B. Stromerzeuger des Löschfahrzeuges) nicht genutzt werden und es muss aus einer ortsfesten Anlage (z. B. Steckdosen von Einfamilienhäusern) eingespeist werden, so ist ein Personenschutzschalter (PRCD-S) zu verwenden.

Ebenso muss bedacht werden, dass diese Tauchmotorpumpen nicht überall eingesetzt werden können. Förderhöhen über 10 m vermindern den Förderstrom der Tauchmotorpumpen ungemein.

Bei verschlammten Gewässern ist darauf zu achten, dass die Tauchmotorpumpe in geeigneter Höhe gesichert wird, um so eine Verstopfung mit Schmutz zu verhindern.

In der Regel ist beim Einspeisen einer Feuerlöschkreiselpumpe mittels einer Tauchmotorpumpe ein Pumpenausgangsdruck von > 6 bar bei Nennförderstrom der Tauchmotorpumpe kein Problem.

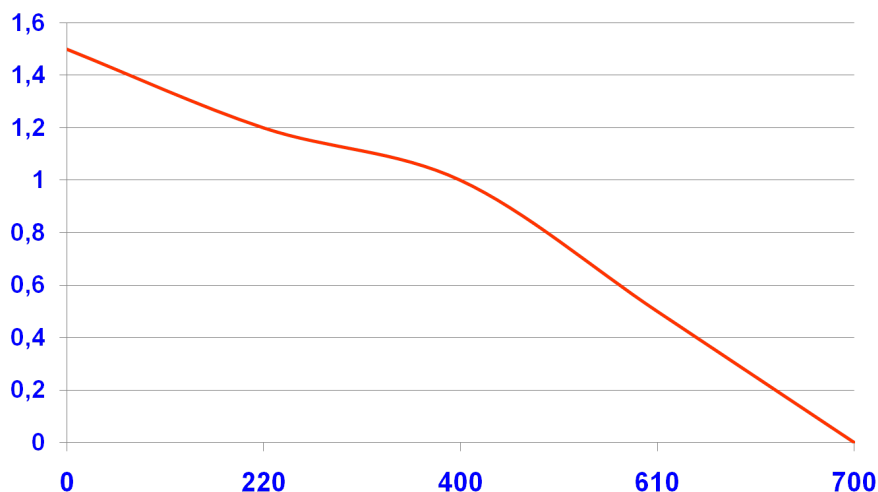


Abb. 24: Kennlinie einer TP 4/1

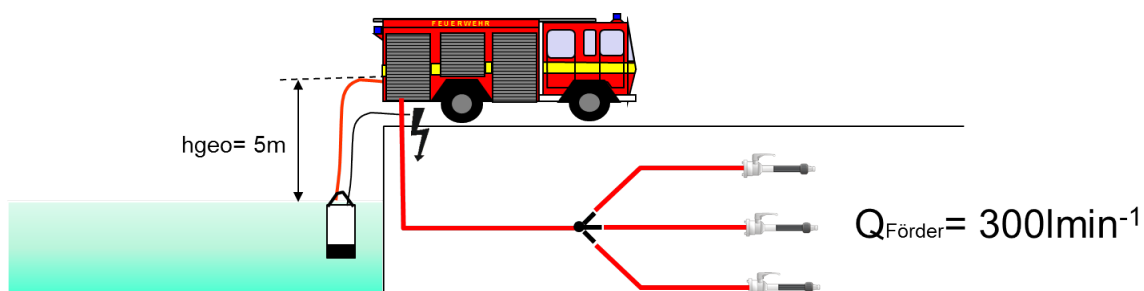


Abb.25 : Einsatz der TP 4/1 zur Förderung von Löschwasser

13 Einsatzhinweise bei der Löschwasserförderung

Grundsätzlich gelten für den Maschinisten bei der Löschwasserförderung folgende Einsatzhinweise:

1. Beim Befüllen der Förderstrecke an der Feuerlöschkreiselpumpe Wasserentnahmestelle:

- die Feuerlöschkreiselpumpe möglichst nahe an der Wasserentnahme aufstellen
- Wasserförderung nach dem Entlüften aufnehmen; wenn Ausgangsdruck messbar ist, Niederschraubventile öffnen
- Förderleitung mit 3 bar befüllen
- Druck langsam auf den befohlenen Wert steigern (wenn keine Vorgabe gemacht wurde, ca. 8 bar Ausgangsdruck fahren!)
- Druckmesser beobachten
- Anmerkung: Bei einer offenen Schaltreihe ist durch Befüllen des Puffers (z. B. Faltbehälters) weniger Gegendruck vorhanden. Der Ausgangsdruck von 8 bar kann nicht erreicht werden. In diesem Fall besonders auf das Manometer achten (Gefahr der Kavitation und ggf. Dauerbetrieb der Entlüftungseinrichtung)

an den Verstärkerpumpen:

- Feuerlöschkreiselpumpe am befohlenen Aufstellort in Betrieb nehmen
- Motor mit Leerlaufdrehzahl betreiben, Pumpe ausgekuppelt
- Niederschraubventile öffnen
- wenn der Förderstrom in die Feuerlöschkreiselpumpe eingeströmt ist, Pumpe einkuppeln
- Förderleitung mit ca. 3 bar befüllen
- erst nach Weisung auf den angeordneten Ausgangsdruck hochfahren, dabei Durchmesser beobachten, Eingangsdruck nicht kleiner als 1,5 bar

2. Bei dem Betrieb der Löschwasserförderstrecke an allen Feuerlöschkreiselpumpen:

- Druckmesser ständig beobachten, dabei ggf. Motordrehzahl entsprechend nachregeln
- wenn der Eingangsdruck unter 1,5 bar absinkt, Ausgangsdruck reduzieren, ggf. Gruppenführer benachrichtigen

3. Bei dem Abbau der Förderstrecke bei ebenem Gelände:

- an allen Feuerlöschkreiselpumpe nach Befehl „Wasser halt“ Feuerlöschkreiselpumpe auskuppeln und Motor noch einige Zeit nachlaufen lassen
- nach Befehl „Zum Abmarsch fertig“ Niederschraubventile über die Sperre öffnen und Förderleitung über freien Druckabgang entleeren
- nach dem Entleeren Schlauchleitung abkuppeln und die Feuerlöschkreiselpumpe möglichst wieder einsatzbereit machen

bei Strecken mit Höhenanstieg:

- an allen Verstärkerpumpen nach Befehl „Wasser halt“ Feuerlöschkreiselpumpe auskuppeln und Motor noch einige Zeit nachlaufen lassen
- nach Befehl „Zum Abmarsch fertig“ Niederschraubventile über die Sperre öffnen und Förderleitung „nach hinten“ leer laufen lassen
- an der Feuerlöschkreiselpumpe Wasserentnahme nach Befehl „Zum Abmarsch fertig“ Niederschraubventile über die Sperre öffnen und Förderleitung über freien Druckabgang mit angekuppeltem Druckschlauch zum Gewässer entleeren

4. Bei Störungen während der Löschwasserförderung an der Feuerlöschkreiselpumpe Wasserentnahme:

- Gruppenführer über die Störung informieren
- Störung lokalisieren und wenn möglich beheben

an den Verstärkerpumpen:

- Feuerlöschkreiselpumpe sofort auskuppeln und ggf. Motor abstellen
- Gruppenführer über den Ausfall informieren

14 Der Pendelverkehr

Neben dem Aufbau einer Löschwasserförderstrecke ist die Versorgung der Brandstelle mit Löschwasser durch wasserführende Löschfahrzeuge möglich. Die Gewährleistung einer stabilen Wasserversorgung durch den sogenannten Pendelverkehr setzt jedoch neben der Verfügbarkeit geeigneter Löschfahrzeuge ein hohes Maß an Koordination voraus.

Die Sicherstellung der Löschwasserversorgung mittels Pendelverkehr bedarf taktischer Überlegungen, bei denen die benötigte Zeit der Durchführung sowie die Verfügbarkeit geeigneter Einsatzmittel im Vergleich zur Löschwasserförderstrecke unter Anwendung des Führungsvorgangs abgewogen werden müssen.

14.1 Geeignete Löschfahrzeuge und deren Verfügbarkeit

Als geeignete Fahrzeuge zur Durchführung eines Pendelverkehrs sind grundsätzlich alle Löschfahrzeuge mit einem Löschmittelvorrat von mindestens 2.500 l anzusehen. Hierunter fallen:

- TLF 16/25, TLF 16/24-Tr, TLF 24/50¹
- StLF 20 (StLF 20/25)
- TLF 3000 und TLF 4000

Die Verfügbarkeit geeigneter Fahrzeuge kann schriftlich oder in grafischer Form als Einsatzunterlage auf einem Einsatzleitwagen mitgeführt werden. Mit dieser Vorplanung können zeitnah und zielgerichtet Fahrzeuge alarmiert werden.

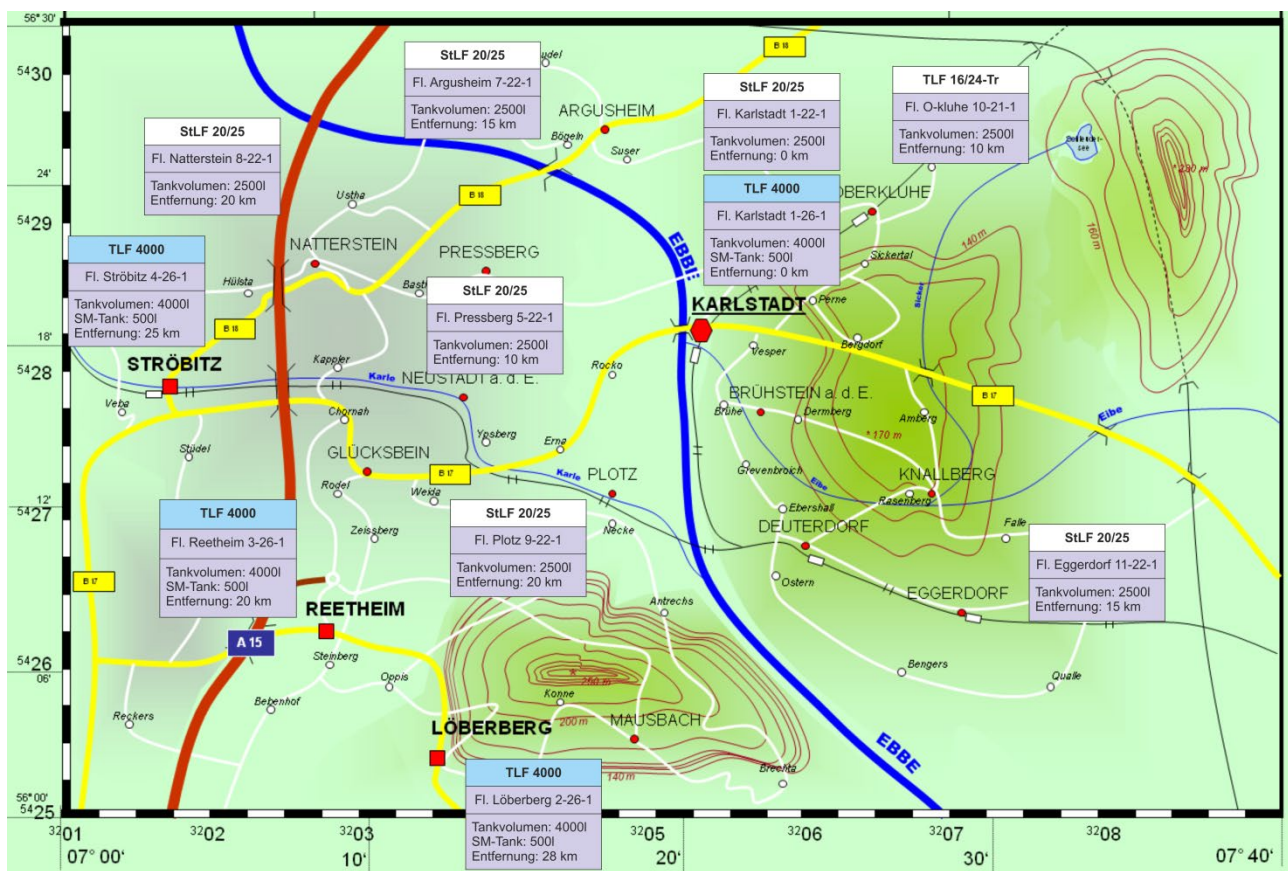


Abb.26: Beispiel einer Übersicht verfügbarer Löschfahrzeuge für den Pendelverkehr

¹ Auch wenn Normen dieser Tanklöschfahrzeuge zurückgezogen wurden, ist eine großflächige Verfügbarkeit in Hessen noch gegeben.

14.2 Grundsätze bei der Einrichtung eines Pendelverkehrs

Die Durchführung eines Pendelverkehrs unterliegt einer umfassenden Planung. Wenn über die geplante Einsatzzeit dauerhaft die Wasserversorgung mit dem vorgegebenen Löschwasserförderstrom gewährleistet ist, ist der Pendelverkehr effektiv. Somit ergeben sich folgende Abhängigkeiten:

- Wie weit ist die Wasserentnahmestelle von der Einsatzstelle entfernt?
- Welche wasserführenden Löschfahrzeuge stehen in welcher Zeit zur Verfügung?
- Wie hoch ist die Löschwasserabgabe?
- Welche Fahrstrecke ist für die wasserführenden Fahrzeuge vorgesehen?
- Welche Infrastruktur (z. B. hergerichtete Löschwasserentnahme- und abgabestellen, Lotsung der Fahrzeuge) ist bereits vorhanden?
- Wie lange soll der Pendelverkehr aufrechterhalten werden?
- Ist die Einrichtung eines Einbahnverkehrs notwendig?
- Sind Lotsenstellen erforderlich?

Als Entscheidungskriterien für den Pendelverkehr sollten weiterhin nachfolgende Punkte berücksichtigt werden:

- Förderstrom von $< 500 \text{ l/min}$
- Entfernung Wasserentnahmestelle zur Brandstelle $> 3 \text{ bis } 4 \text{ km}$
- zu Beginn des Einsatzes
- bei ausgedehnten Einsatzstellen

Sicherlich können für die Einsatzmaßnahme vorbereitete Unterlagen, eine Alarm- und Ausrückeordnung hilfreich sein und bei der Planung erhebliche Zeitersparnisse mit sich bringen.

14.3 Die Planung eines Pendelverkehrs

Vor der Realisierung ist die Planung des Pendelverkehrs durch eine Führungskraft notwendig. Neben der zeitnahen Verfügbarkeit geeigneter wasserführender Fahrzeuge müssen zeitliche Abfolgen bestimmt werden. Diese Zeiten sind lagespezifisch zu bestimmen. Nur unter Berücksichtigung der erforderlichen Zeiten ist die Art und Anzahl der Fahrzeuge bestimmt und daraus folgernd eine kontinuierliche Löschwasserversorgung an der Einsatzstelle gegeben.

Neben der eigentlichen Ausführung des Pendelverkehrs ist insbesondere auch bei lang andauernden Einsätzen eine ausreichende Logistik einzuplanen.

14.3.1 Zeitbedarf

Der Zeitbedarf des Pendelverkehrs setzt sich zusammen aus Rüstzeit, Füllzeit an der Wasserentnahmestelle, Entleerungszeit an der Entnahmestelle und den Fahrzeiten zwischen Wasserentnahmestelle und Einsatzstelle.

14.3.2 Rüstzeit ($t_{\text{Rüst}}$)

Die Rüstzeit beinhaltet:

- Alle vorbereitenden Maßnahmen zum Herrichten einer Wasserentnahmestelle.
- Alle notwendigen Maßnahmen zum Rückbau der Wasserentnahmestelle.
- Alle vorbereitenden Maßnahmen zum Herrichten der Wasserabgabe.
- Alle notwendigen Maßnahmen zum Rückbau der Wasserabgabestelle.

Im Mittel kann bei keinerlei Vorbereitungen ein Zeitansatz von je zwei Minuten angenommen werden (somit insgesamt acht Minuten). Der Gesamtansatz von acht Minuten kann durch vorbereitete Maßnahmen an der Einsatzstelle oder der Wasserentnahmestelle verringert werden. So können z. B.

- an der Wasserentnahmestelle Einheiten mit der Herrichtung und dem Betrieb einer Wasserentnahmestelle für die gesamte Einsatzdauer beauftragt werden und
- an der Wasserübergabestelle Pufferfahrzeuge oder offene Behälter zur sofortigen und vollständigen Entleerung bereit stehen.

14.3.3 Füllzeit an der Wasserentnahmestelle ($t_{\text{Füll}}$)

Die Füllzeit ist die zur Befüllung des Löschwasserbehälters notwendige Zeit. Sie ist abhängig vom Leistungsvermögen der Wasserentnahmestelle und der Feuerlöschkreiselpumpe.

14.3.4 Entleerungszeit an der Einsatzstelle (t_{Abgabe})

Die Entleerungszeit ist die zur vollständigen Entleerung des Fahrzeuges benötigte Zeit. Sie ergibt sich aus:

- Der Leistungsfähigkeit der Feuerlöschkreiselpumpe
- Dem Löschwasserbedarf an der Einsatzstelle
- Der Verfügbarkeit von Pufferfahrzeugen oder vorhandenen Löschwasserbehältern

14.3.5 Fahrtzeiten zwischen Wasserentnahmestelle und Einsatzstelle (t_{Fahrt})

Die Fahrtzeiten sind sehr variabel und im Wesentlichen von der Beschaffenheit der Fahrtstrecke abhängig (Geschwindigkeit). Bei Mehrfachnutzung der Fahrzeuge ist durch die Hin- und Rückfahrt die benötigte Zeit zu verdoppeln.

Die Bestimmung der notwendigen Zeiten ist am einfachsten aus Weg-Geschwindigkeits-Diagrammen oder Tabellen zu ermitteln.

Geschwindigkeit [km/h]	Entfernung zwischen Wasserentnahmestelle und Einsatzstelle [km]																			
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
10	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60
20	2	3	5	6	8	9	11	12	14	15	17	18	20	21	23	24	26	27	29	30
30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
40	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8	8	9	10	11	11	12	13	14	14	15
50	1	1	2	2	3	4	4	5	5	6	7	7	8	8	9	10	10	11	11	12
60	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10

Tab.4: Weg-Geschwindigkeits-Diagramm zur Ermittlung der Fahrtzeiten

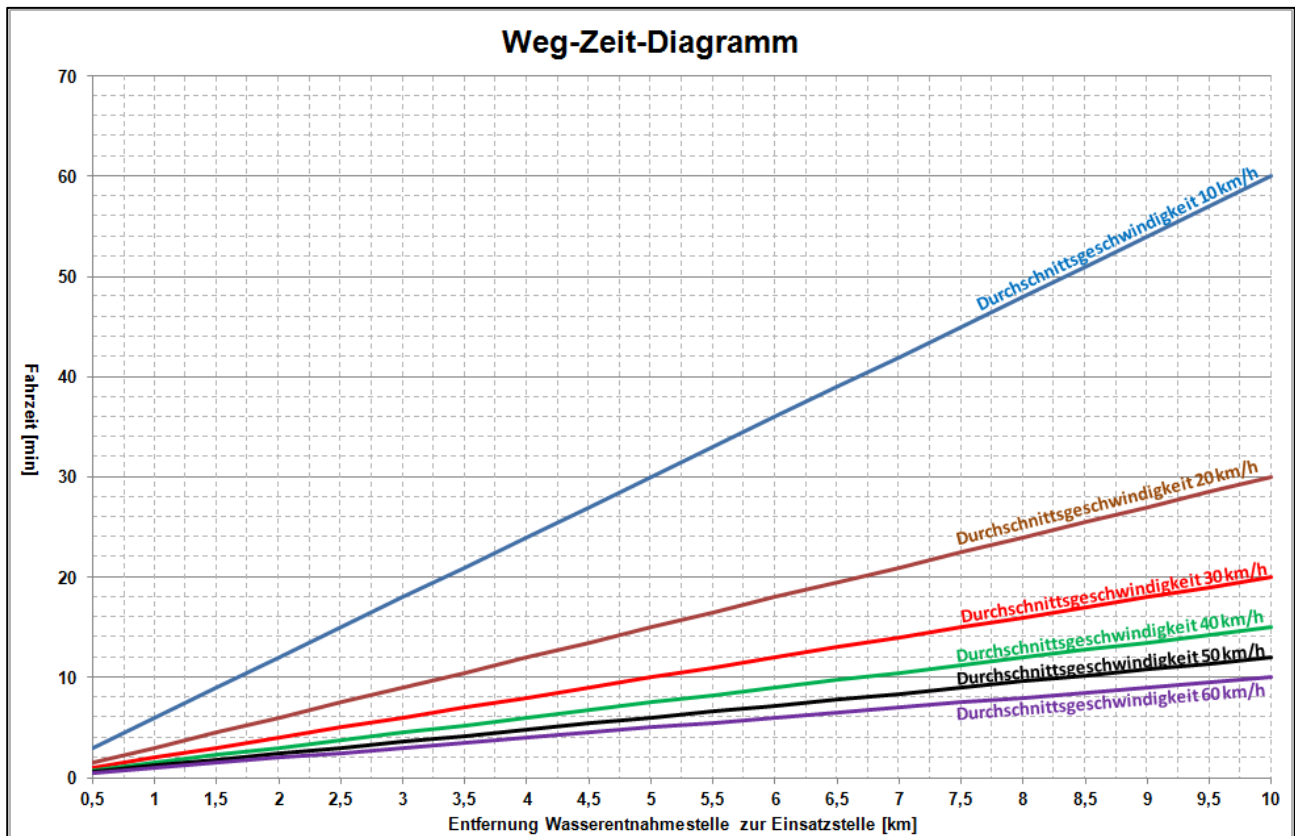


Abb.27: Weg-Zeit-Diagramm zur Ermittlung der Fahrzeiten

14.3.6 Bestimmung der Anzahl der benötigten Fahrzeuge

Unter Punkt 14.1 werden geeignete Fahrzeuge für den Pendelverkehr benannt. Steht nur ein Fahrzeugtyp zur Verfügung, kann die Anzahl mittels nachfolgender Gleichung bestimmt werden.

$$n = \frac{t_{\text{Rüst}} + t_{\text{Füll}} + t_{\text{Fahrt}} + t_{\text{Abgabe}}}{t_{\text{Abgabe}}}$$

Die Variable n steht für die ermittelte Anzahl der benötigten Fahrzeuge.

Neben der mathematischen Bestimmung können im Rahmen der Einsatzvorbereitung die Anzahl der notwendigen Fahrzeuge aus Diagrammen entnommen werden. Nachteil ist, dass bei der Erstellung der Diagramme eine Durchschnittsgeschwindigkeit angenommen werden muss. Bei anderen Durchschnittsgeschwindigkeiten ist eine Anpassung notwendig.

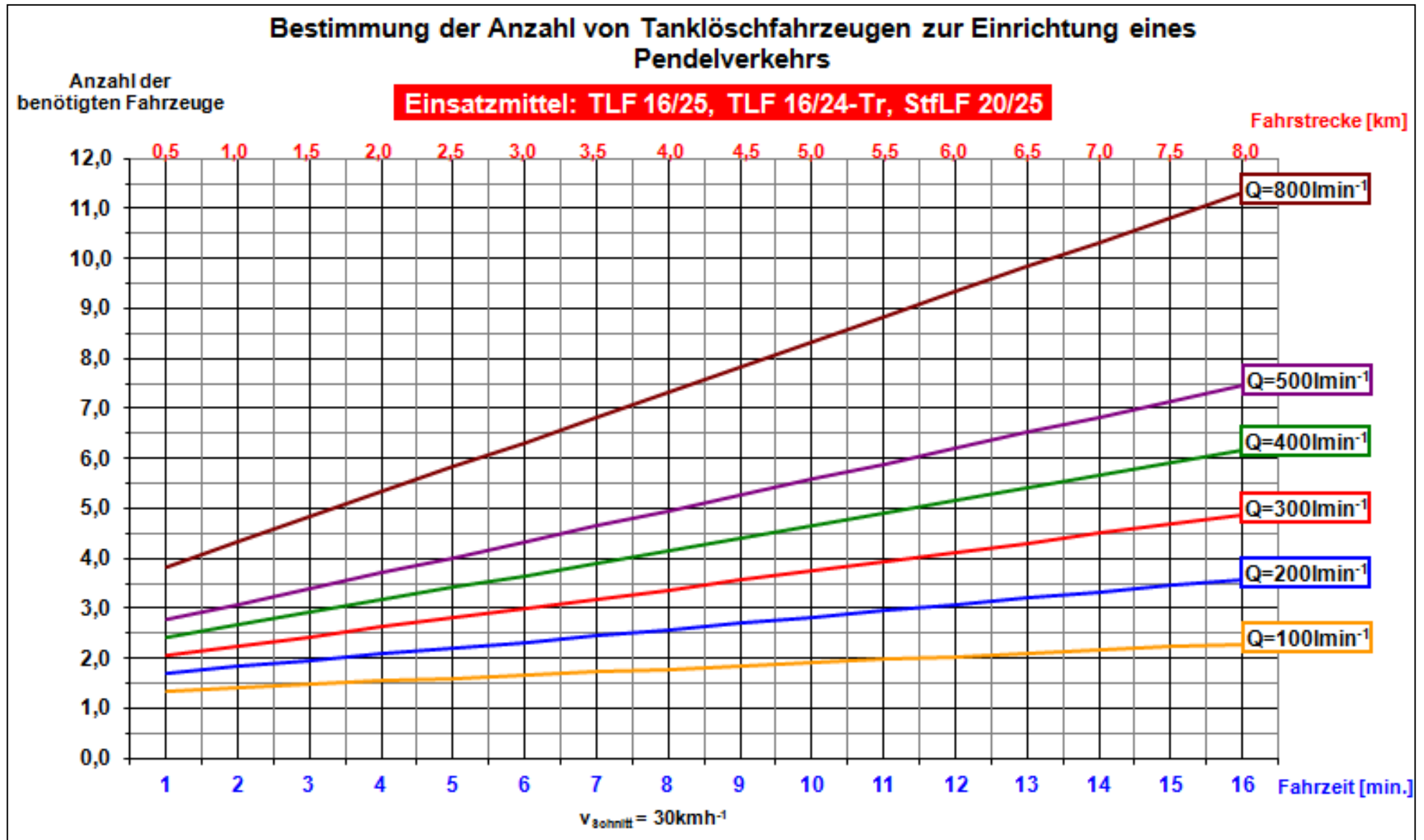


Abb.28: Ermittlung der benötigten Fahrzeuge in Abhängigkeit des Löschwasserbedarfs

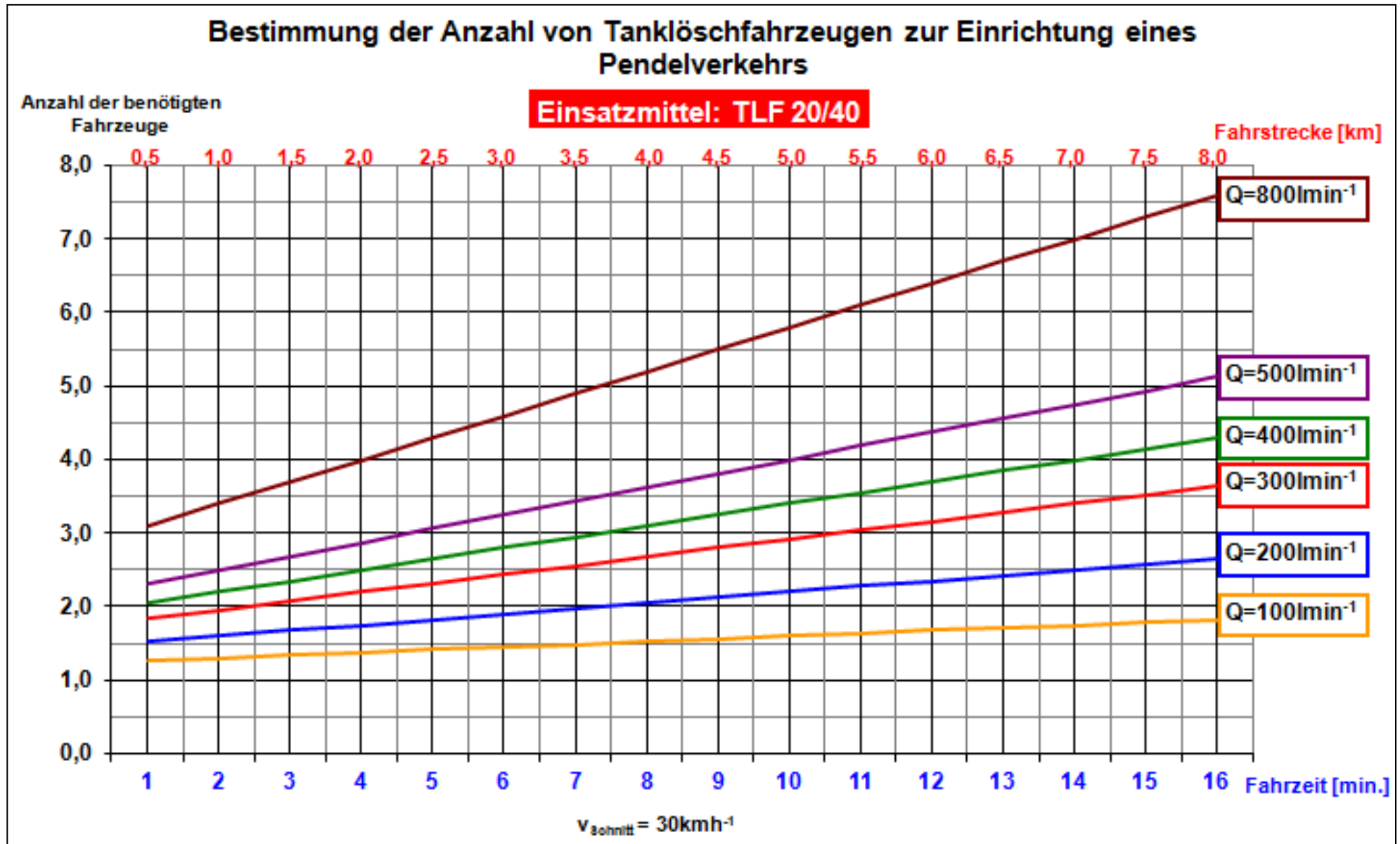


Abb.29: Ermittlung der benötigten Fahrzeuge in Abhängigkeit des Löschwasserbedarfs

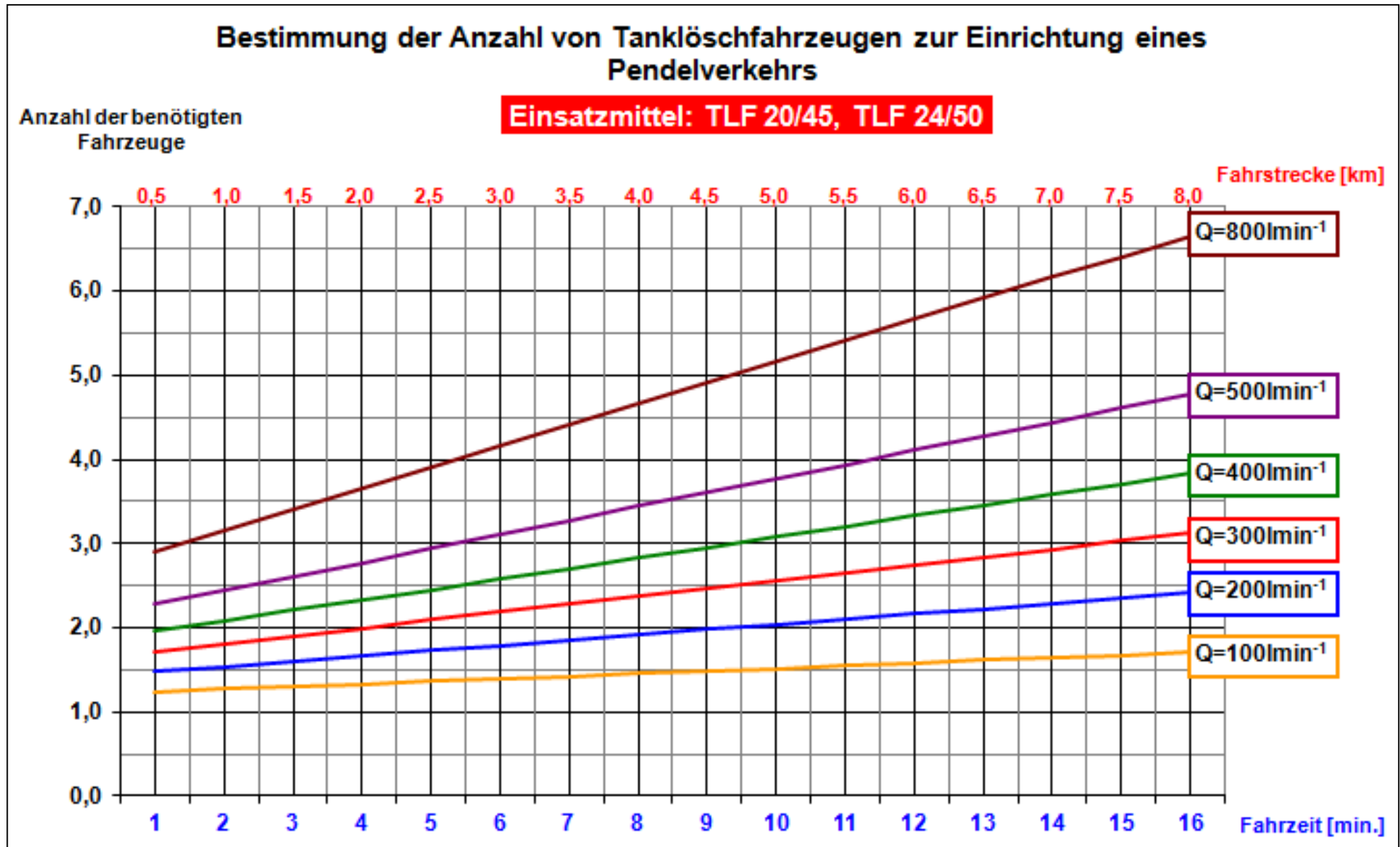


Abb.30: Ermittlung der benötigten Fahrzeuge in Abhängigkeit des Löschwasserbedarfs

Beispiel 1:

- Fahrzeug: TLF 3000 mit Löschwasserbehälter 3.000 Liter
- Entfernung Wasserentnahmestelle zur Brandstelle 4 km
- Tankfüllstrom: 1.000 l/min \Rightarrow Füllzeit 3 min
- Geschwindigkeit: 30 km/h \Rightarrow Fahrzeit 8 min
- An- und Abkuppeln \Rightarrow Rüstzeit 4 min
- Förderstrom: 500 l/min \Rightarrow Entleerungszeit 6 min
- Die Umlaufzeit setzt sich aus Füllzeit, Fahrzeit, Rüstzeit und Entleerungszeit zusammen (3 min + 8 min + 4 min + 6 min = 21 min).
- Anzahl TLF = Umlaufzeit / Entleerungszeit
- Anzahl TLF = 21 min / 6 min = 3,5

Es werden 4 Tanklöschfahrzeuge TLF 3000 benötigt.

Aufwendiger wird die Bestimmung der benötigten Fahrzeuge, wenn diese unterschiedliche Löschmittelbehältergrößen haben. Hier ist Erfahrung und eine umfassende Beurteilung erforderlich. Anhand eines Beispiels soll dies erläutert werden.

Beispiel 2:

An einer Einsatzstelle wird ein Löschwasserförderstrom (Q) von 400 l/min benötigt. Die Entfernung (E) zwischen Wasserentnahmestelle und Einsatzstelle beträgt 2,5 km; die Durchschnittsgeschwindigkeit (v_{Schnitt}) beträgt 30 km/h (Fahrzeit 2*5 min.). Die Rüstzeit ($t_{\text{Rüst}}$) wird mit zwei Minuten angenommen. An der Einsatzstelle wird das Löschwasser in einen Löschwasserauffangbehälter (Fassungsvermögen 3 m³) eingeleitet. Für den Pendelverkehr stehen ein TLF 4000, zwei StLF 20 und ein TLF 16/24-Tr zur Verfügung. Die beiden Staffellöschfahrzeuge und das TLF 4000 stehen sofort, das TLF 16/24-Tr in ca. 15 min. zur Verfügung. Es soll überprüft werden, ob die Einsatzmittel zur Sicherstellung des Löschwasserbedarfs ausreichen.

Als Lösungsmöglichkeit bietet sich eine grafische Darstellung mittels Zeitstrahl an (Abb. 31). Es werden für jedes Fahrzeug die benötigten Zeitansätze (Punkt 14.3) eingetragen. Ergibt sich eine kontinuierliche Verfügbarkeit von Löschwasser, ist der Pendelverkehr stabil. Dabei sind evtl. Sicherheitsreserven einzuplanen.

Fazit ist, dass die verfügbaren Einsatzmittel ausreichen, um eine sichere Löschwasserversorgung zu gewährleisten. Das ca. 15 min. später eintreffende TLF 16/24-Tr wird unmittelbar nach dem Eintreffen an der Einsatzstelle seinen Löschmittelbedarf zur Verfügung stellen können. Während dieser Zeit befindet sich das TLF 4000 wieder auf der Anfahrt zur Einsatzstelle. Durch die Einspeisung in einen Löschwasserbehälter an der Einsatzstelle werden die Rüstzeiten ($t_{\text{Rüst}}$) zum Auf- und Abbau gepuffert.

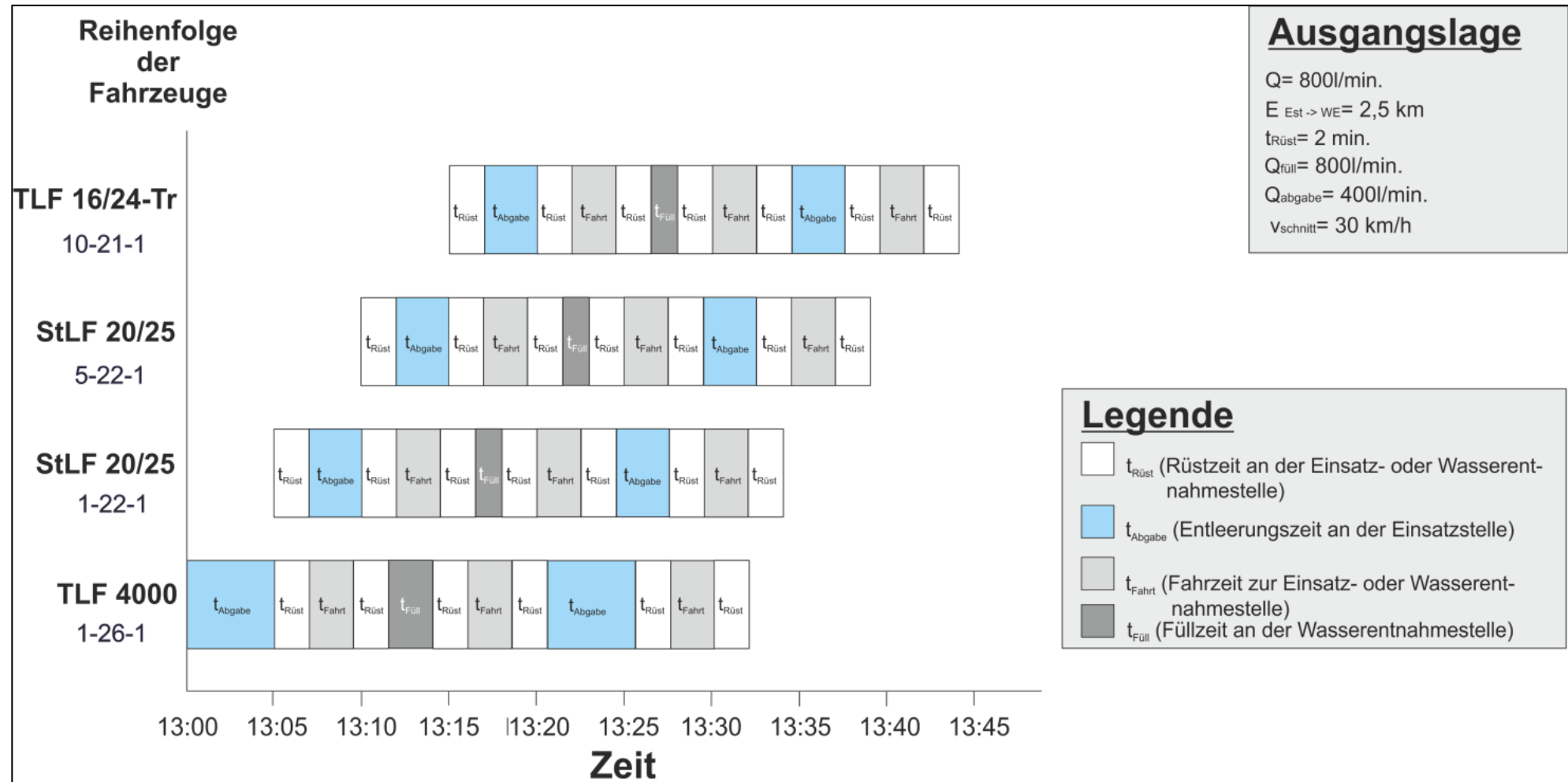


Abb.31: Zeitstrahl der Fahrzeugreihenfolge des Pendelverkehrs

14.3.7 Einsatzlogistik beim Pendelverkehr

Umfangreiche oder lang andauernde Einsatzlagen erfordern eine angepasste Logistik. Die Logistik umfasst:

- Die Einrichtung von Lotsenstellen (z. B. Einweiser, Beschilderung)
- Die Sicherstellung der Kraftstoffversorgung (meist Tankstellen)
- Die rechtzeitige Ablösung der Kraftfahrer
- Die Bereitstellung von Reservefahrzeugen
- Die Bereitstellung sonstiger Einsatzmittel zur Einsatzdurchführung (z. B. Einsatzstellenbeleuchtung, Löschwasserbehälter etc.)

15 Quellenverzeichnis

1. Hessische Landesfeuerwehrschule
Abb. 2 bis Abb. 31
2. Staatliche Feuerwehrschnule Würzburg
Abb. 1
2. Hessische Landesfeuerwehrschule
Tab. 1 bis 4