



Veranstaltung: Maschinist

Ausbildungseinheit: Wasserförderung

Thema:

Ausgabe: 05/2021

Zuständig: Abteilung 2

Bearbeitet von: Hans Kemper

Inhalt

1	Einleitung	3
2	Aufgabe der Wasserförderung.....	3
2.1	Ausreichende Wassermenge	3
2.2	Ausreichender Druck	4
3	Unterteilung der Förderstrecke	4
4	Wasserentnahme	5
4.1	Wasserentnahme aus Löschfahrzeugen	6
4.2	Wasserentnahme aus Hydranten	6
4.3	Wasserentnahme aus unabhängigen Wasservorräten	7
4.3.1	Saugbetrieb	7
4.3.2	Saughöhen	8
5	Wasserfortleitung	9
5.1	Förderstrom	10
5.2	Eingangsdruck	10
5.3	Ausgangsdruck	10
5.4	Förderdruck	10
5.5	Druckverlust durch Reibung	10
5.6	Druckverlust/-gewinn durch Höhenunterschiede	11
5.7	Strahlrohrdruck	12
5.8	Verfügbarer Druck.....	12
6	Wasserabgabe	12
7	Wasserförderung über eine lange Förderstrecke	12
7.1	Wasserentnahme.....	13
7.2	Wasserfortleitung	13
7.3	Bedienung der Feuerlöschkreiselpumpen	13
7.4	Störungen während der Wasserförderung.....	14
7.5	Abbau der Förderstrecke	14
8	Quellennachweis	15
9	Literaturnachweis	15

1 Einleitung

Das von den Feuerwehren benötigte Löschwasser wird entweder auf Löschfahrzeugen mitgeführt oder aus Wasserentnahmestellen entnommen und durch Schlauchleitungen - auch über größere Entfernungen - zur Einsatzstelle gefördert. Obwohl fast alle Löschfahrzeuge mit einem festeingebauten Löschwasserbehälter ausgestattet und die mitgeführten Löschwassermengen für die meisten Einsatzmaßnahmen auch völlig ausreichend sind, ist insbesondere bei umfangreichen Brandbekämpfungsmaßnahmen die Wasserförderung über Schlauchleitungen von besonderer Bedeutung.

Dazu ist es erforderlich, dass Maschinisten die für die Wasserförderung mit Feuerlöschkreisläufpumpen erforderlichen technischen und physikalischen Grundlagen kennen und die Pumpen an unterschiedlichen Wasserentnahmestellen und auch bei der Wasserförderung über lange Förderstrecken fachgerecht und sicher bedienen können.

2 Aufgabe der Wasserförderung

Die Wasserförderung ist der Transport von Löschwasser von einer Entnahmestelle (Hydrant, Saugstelle, Löschwasser-Sauganschluss) bis zu einer Abgabestelle (Strahlrohre, Löschwasserbehälter, ...). Dabei ist es die Aufgabe der Wasserförderung, eine Einsatzstelle mit einer ausreichenden Löschwassermenge mit ausreichendem Druck zu versorgen.

2.1 Ausreichende Wassermenge

Zur Ermittlung der an einer Einsatzstelle benötigte Wassermenge wird die Anzahl, die Art und die Größe der Strahlrohre festgelegt, die für die Brandbekämpfung eingesetzt werden sollen. Die benötigte Wassermenge ergibt sich dann aus der Summe der jeweiligen Volumenströme der Strahlrohre. Schon Standardeinsätze zur Brandbekämpfung, zum Beispiel im Innenangriff, erfordern die Vornahme von mindestens zwei C-Rohren. Je nach Art der verwendeten Strahlrohre ergibt sich dabei für die Wasserförderung ein Förderstrom von bis zu 470 Liter pro Minute. Soll ein weiteres Strahlrohr eingesetzt werden - zum Beispiel ein BM-Strahlrohr ohne Mundstück gemäß DIN 14365 - ergibt sich dann ein Förderstrom von insgesamt 1.270 Liter pro Minute.

Art und Größe	Norm	Volumenstrom
Hohlstrahlrohre mit Festkupplung C	DIN EN 15182-2	100 bis 235 l/min
Hohlstrahlrohre mit Festkupplung B	DIN EN 15182-2	235 bis 400 l/min
Strahlrohre mit Festkupplung C	DIN EN 15182-3	100 bis 235 l/min
Strahlrohre mit Festkupplung B	DIN EN 15182-3	235 bis 400 l/min
CM-Strahlrohr mit Mundstück	DIN 14365 ¹⁾	100 l/min
CM-Strahlrohr ohne Mundstück	DIN 14365 ¹⁾	200 l/min
BM-Strahlrohr mit Mundstück	DIN 14365 ¹⁾	400 l/min
BM-Strahlrohr ohne Mundstück	DIN 14365 ¹⁾	800 l/min
¹⁾ Die DIN 14365 wurde zurückgezogen und durch die DIN EN 15182-3 ersetzt.		

Tabelle 1: Beispiele für den Volumenstrom bestimmter Strahlrohre

2.2 Ausreichender Druck

Die Aufgabe der Wasserförderung ist es weiterhin, für die eingesetzten Strahlrohre einen ausreichenden Strahlrohrdruck zu erzeugen, mit dem das Löschwasser an der Einsatzstelle bestimmungsgemäß verwendet werden kann. Dieser Druck muss groß genug sein um einen löschwirksamen Wasserstrahl mit entsprechender Wurfweite und Eindringvermögen zu erzeugen. Er darf aber nicht zu groß sein, damit die Einsatzkräfte die Strahlrohre und Schlauchleitungen noch sicher und ungefährdet handhaben können.

Art	Norm	Strahlrohrdruck
Hohlstrahlrohre	DIN EN 15182-2	6 bar
Strahlrohre, mit Vollstrahl und/oder unveränderlichem Sprühstrahlwinkel	DIN EN 15182-3	6 bar
Mehrzweckstrahlrohre	DIN 14365 ¹⁾	5 bar
¹⁾ Die DIN 14365 wurde zurückgezogen und durch die DIN EN 15182-3 ersetzt		

Tabelle 2: Ausreichender Strahlrohrdruck

3 Unterteilung der Förderstrecke

Für die Wasserförderung von einer Wasserentnahmestelle bis zu einer Wasserabgabestelle wird eine Förderstrecke aufgebaut, die aus Schlauchleitungen, Armaturen und Feuerlöschkreiselpumpen besteht. Eine Förderstrecke kann als geschlossene oder offene Schaltreihe aufgebaut werden.

- Bei einer **geschlossenen Schaltreihe** wird für die Wasserförderung eine durchgehende Förderstrecke von einer Wasserentnahmestelle bis zu einer Wasserabgabestelle aufgebaut. Das zu fördernde Wasser wird dabei den Feuerlöschkreiselpumpen jeweils direkt über den Pumpeneingang zugeführt.

Bei einer **offenen Schaltreihe** wird für die Wasserförderung eine Förderstrecke aufgebaut, die durch Einleiten des Wassers in transportable Löschwasserbehälter oder in Löschwasserbehälter von Löschfahrzeugen unterbrochen wird (Pufferbetrieb). An transportablen Löschwasserbehältern erfolgt ein erneutes Ansaugen und Weiterleiten des Löschwassers durch eine nachfolgende Feuerlöschkreiselpumpe. Aus Löschwasserbehältern von Löschfahrzeugen erfolgt die Weiterleitung des Löschwassers im Tankbetrieb. Um eine Verschmutzung des Löschwasserbehälters zu vermeiden, sollte diese Möglichkeit aber vermieden werden.

Eine Förderstrecke wird in verschiedene Abschnitte unterteilt, in die Teilstrecke Wasserentnahme, die Teilstrecke Feuerlöschkreiselpumpen und in die Teilstrecke Wasserabgabe.

- Die **Teilstrecke Wasserentnahme** ist die Länge der Saug- beziehungsweise Druckleitung/-en zwischen der Wasserentnahmestelle und der ersten Feuerlöschkreiselpumpe.
- Die **Teilstrecke Feuerlöschkreiselpumpen** ist die Länge der Druckleitung/-en zwischen zwei Feuerlöschkreiselpumpen. Innerhalb einer Förderstrecke können mehrere dieser Teilstrecken hintereinander angeordnet sein.
- Die **Teilstrecke Wasserabgabe** ist die Länge der Druckleitungen zwischen der letzten Feuerlöschkreiselpumpe und der Wasserabgabestelle.

Sie besteht aus der Druckleitung zwischen der Feuerlöschkreiselpumpe und dem Verteiler und den Druckleitungen zwischen dem Verteiler und den Strahlrohren beziehungsweise aus der Druckleitung zwischen der Feuerlöschkreiselpumpe und einem transportablen Löschwasserbehälter.

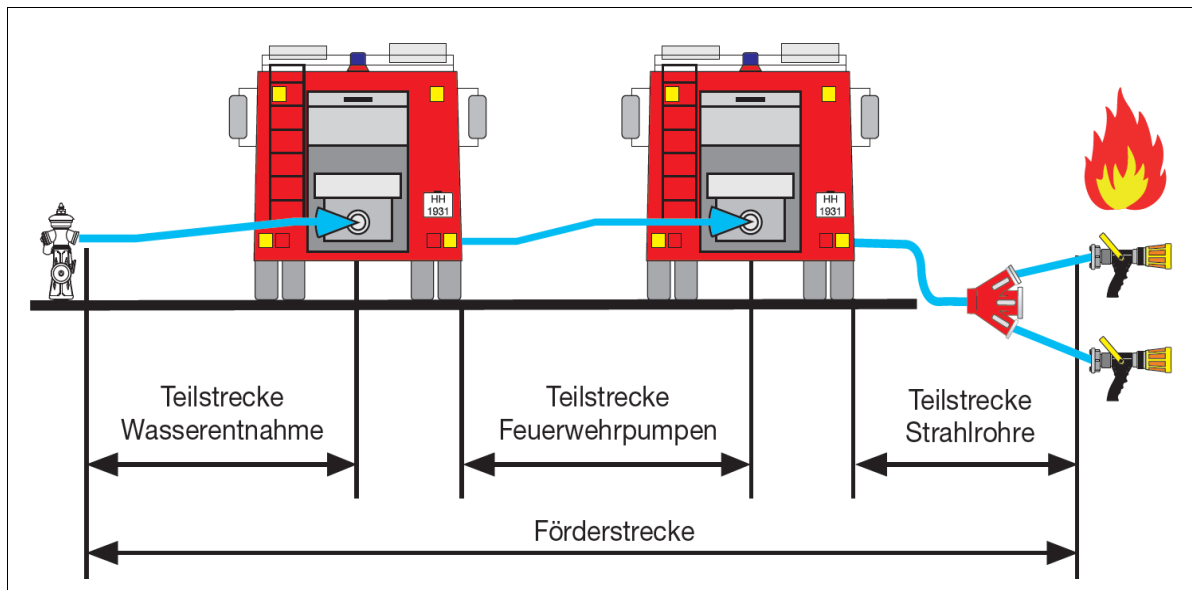


Abbildung 1: Unterteilung einer Förderstrecke

In Abhängigkeit von der Entfernung zwischen einer Wasserentnahmestelle und einer Wasserabgabestelle sowie der für die Wasserförderung benötigten Feuerlöschkreiselpumpen werden die Förderstrecken in einfache oder lange Förderstrecken unterteilt.

- Bei einer **einfachen Förderstrecke** schließt sich an die Teilstrecke Wasserentnahme unmittelbar die Teilstrecke Wasserabgabe an. Für diese Förderstrecke wird nur eine Feuerlöschkreiselpumpe benötigt.
- Bei einer **langen Förderstrecke** schließen sich an die Teilstrecke Wasserentnahme eine oder mehrere Teilstrecken Feuerlöschkreiselpumpen an, die am Ende durch eine Teilstrecke Wasserabgabe ergänzt werden. Für diese Förderstrecke werden mehrere in Reihe hintereinander geschaltete Feuerlöschkreiselpumpen benötigt.

4 Wasserentnahme

Zu Beginn eines Einsatzes erfolgt die Wasserentnahme üblicherweise aus den Löschwasserbehältern der Löschfahrzeuge und im weiteren Einsatzverlauf aus Hydranten im unmittelbaren Bereich der Einsatzstelle.

Sollte die Wassermenge für die jeweilige Brandbekämpfung nicht ausreichen, müssen die Feuerwehren auf weiter entfernt liegende Hydranten und/oder auf zusätzliche Löschwasservorräte zurückgreifen. Wenn diese nicht in unmittelbarer Nähe der Einsatzstelle zur Verfügung stehen, muss das Löschwasser im Pendelverkehr mit wasserführenden Fahrzeugen und/oder durch die Verlegung von Schlauchleitungen über größere Entfernungen zur Einsatzstelle gefördert werden.

4.1 Wasserentnahme aus Löschfahrzeugen

Für die Einleitung einer Brandbekämpfung oder für eine Brandbekämpfung, bei der nur einzelne Strahlrohre eingesetzt werden müssen, ist die Wasserentnahme aus dem Löschwasserbehälter eines Löschfahrzeuges oftmals ausreichend. Dieser mitgeführte Löschwasservorrat ist schnell und ortsunabhängig verfügbar, jedoch in der Menge begrenzt (mindestens 500 Liter bis maximal 4.000 Liter).

Das Nachführen von weiteren Löschfahrzeugen - vor allem von Tanklöschfahrzeugen - kann dann für die Brandbekämpfung mit mehreren Strahlrohren ausreichend sein.

Wenn eine große Entfernung zwischen der Wasserentnahmestelle und der Wasserabgabestelle besteht, nur eine begrenzte Nutzungszeit der Wasserförderung erforderlich ist und die erforderlichen Löschfahrzeuge (vor allem Tanklöschfahrzeuge) bereitgestellt werden können, kann auch eine Wasserförderung im Pendelverkehr erfolgen. Dabei wird das Löschwasser im stetigen Wechsel mit mehreren Löschfahrzeugen von einer Wasserentnahmestelle bis zu einer Wasserabgabestelle transportiert. Das Löschwasser wird an der Einsatzstelle

- über eigene Strahlrohre oder einen eigenen Wasserwerfer abgegeben
- oder in einen transportablen Löschwasserbehälter abgegeben, dort von einem Löschfahrzeug oder einer Tragkraftspritze entnommen und in Richtung Einsatzstelle gefördert
- oder an einem sogenannten Wasserübergabepunkt in einen transportablen Löschwasserbehälter abgegeben, dort von einem Löschfahrzeug oder einer Tragkraftspritze entnommen und in die Löschwasserbehälter weiterer Löschfahrzeuge einspeist, die wiederum zwischen dem Wasserübergabepunkt und der eigentlichen Einsatzstelle pendeln. Diese Löschfahrzeuge können das aufgenommene Löschwasser dann gezielt an verschiedenen Stellen abgeben, zum Beispiel bei der Bekämpfung von Vegetationsbränden.

4.2 Wasserentnahme aus Hydranten

Bei den meisten Einsätzen der Feuerwehr wird das benötigte Löschwasser über Unterflurhydranten (mit Standrohr) oder Überflurhydranten aus den Rohrnetzen der öffentlichen Trinkwasserversorgung entnommen. Der Wasserdruck in den Rohrnetzen beträgt üblicherweise etwa 1,5 Bar bis 4,5 Bar, die entnehmbare Wassermenge etwa 800 Liter pro Minute (Unterflurhydranten) oder etwa 1.500 Liter pro Minute (Überflurhydranten). Das entnommene Löschwasser wird durch B-Druckschläuche und über ein Sammelstück dem Saugeingang einer Feuerlöschkreiselpumpe zugeführt und von dort zur Einsatzstelle weitergefördert.

■ Trinkwasserschutz

Wird von der Feuerwehr Wasser über Hydranten aus den Rohrnetzen der öffentlichen Trinkwasserversorgung entnommen, muss verhindert werden, dass Wasser zurückfließt, wenn der Druck in den Rohrnetzen niedriger als in den verlegten Schlauchleitungen ist. Zum Schutz des Trinkwassers vor Verunreinigungen müssen deshalb von der Feuerwehr genormte mobile Systemtrenner verwendet werden.

Ein mobiler Systemtrenner wird direkt am Standrohr beziehungsweise am Überflurhydrant in die Schlauchleitung eingekuppelt. Dabei ist die markierte Durchflussrichtung auf dem Systemtrenner zu beachten.



Abbildung 2: Mobiler Systemtrenner B-FW

Kommt es zu einem Druckunterschied zwischen dem Rohrnetz der öffentlichen Trinkwasserversorgung und der Schlauchleitung, schließt der Systemtrenner automatisch und verhindert, dass Wasser von der Ausgangsseite des Systemtrenners in das Rohrnetz zurückfließt. Zur Druckentlastung in der Schlauchleitung öffnet sich das Auslassventil im Gehäuse des Systemtrenners und lässt Wasser abströmen.

4.3 Wasserentnahme aus unabhängigen Wasservorräten

Ist die Wasserentnahme aus Hydranten für die Einsatzmaßnahmen hinsichtlich der Wassermenge oder dem Wasserdruck nicht ausreichend, müssen die Feuerwehren im Einsatz zusätzlich auf Wasservorräte zurückgreifen, die unabhängig von der öffentlichen Trinkwasserversorgung sind, zum Beispiel auf offene Gewässer, Löschwasserteiche, Löschwasserbrunnen oder unterirdische Löschwasserbehälter, um eine ausreichende Löschwassermenge an der Einsatzstelle bereitzustellen. Die Wasserentnahme erfolgt dann über Feuerlöschkreislaspumpen im Saugbetrieb unmittelbar aus einem offenen Gewässer oder über Löschwasser-Sauganschlüsse.

4.3.1 Saugbetrieb

Im Saugbetrieb werden das Pumpengehäuse der Feuerlöschkreislaspumpe und die im Wasser eingetauchte Saugleitung durch die zuschaltbare Entlüftungseinrichtungen der Feuerlöschkreislaspumpe entlüftet. Durch die Einwirkung des äußeren Luftdrucks füllt sich die Saugleitung und das Pumpengehäuse anschließend mit Wasser.

■ Lufthülle der Erde

Die Erde ist von einer Lufthülle (Atmosphäre) umgeben, die aufgrund ihrer Masse einen statischen Druck auf die Erdoberfläche ausübt, der als atmosphärischer Luftdruck bezeichnet wird. In Meereshöhe (NN - Normalnull) beträgt dieser Luftdruck 1.013 Hektopascal (hPa). Der tatsächliche vor Ort herrschende Luftdruck wird durch die über der jeweiligen Messstelle liegenden Luftmassen bestimmt und wird, je nach geographischer Höhenlage, unterschiedliche Werte einnehmen. So nimmt der Luftdruck mit zunehmender Höhenlage beständig ab, da er dann nur noch von den Luftmassen erzeugt wird, die über der Messstelle liegen.

■ Entlüften

Zunächst besteht innerhalb und außerhalb der Saugleitung und des Pumpengehäuses einer Feuerlöschkreiselpumpe immer der gleiche Luftdruck - es besteht ein Gleichgewicht. Durch die Entlüftungseinrichtung der Feuerlöschkreiselpumpe wird dann - vereinfacht ausgedrückt - die Luft aus der angekuppelten Saugleitung und dem Pumpengehäuse der Feuerlöschkreiselpumpe „entfernt“ und nach außen ins Freie gefördert. Dadurch verringert sich der Luftdruck in der Saugleitung und im Pumpengehäuse. Durch den außerhalb der Saugleitung auf die Wasseroberfläche einwirkenden höheren Luftdruck wird das umgebende Wasser dann in die Saugleitung und das Pumpengehäuse gedrückt (nicht gesaugt!), bis das Gleichgewicht zwischen innen und außen wieder hergestellt ist.

4.3.2 Saughöhen

Da sich die Wasseroberfläche an einer Entnahmestelle und die Pumpenmitte einer Feuerlöschkreiselpumpe nicht auf gleicher Höhe befinden, besteht bei einer Wasserentnahme im Saugbetrieb immer ein Höhenunterschied, der vom zu fördernden Wasser zunächst „überwunden“ werden muss.

■ Theoretische Saughöhe

Die theoretische Saughöhe beträgt bei einem Luftdruck von 1.013 Hektopascal (auf Meereshöhe) und einer Wassertemperatur von 4 Grad Celsius (größte Dichte des Wassers) genau **10,33 Meter**. Der auf die Wasseroberfläche einwirkende Luftdruck ist somit theoretisch in der Lage, das Wasser in einer vollständig luftleeren Saugleitung maximal 10,33 Meter hochzudrücken. Die theoretische Saughöhe wird jedoch durch die Wetterlage (steigender oder fallender Luftdruck), die Höhenlage (unterschiedlicher Luftdruck in unterschiedlichen Höhen) und die Wassertemperatur (Dichte) beeinflusst.

■ Praktische Saughöhe

Die praktische Saughöhe, die im Saugbetrieb mit einer Feuerlöschkreiselpumpe erreicht werden kann, ergibt sich aus der theoretischen Saughöhe, abzüglich bestimmter Saughöhenverluste. Hierzu gehören vor allem die Verluste durch Undichtigkeiten an Saugschläuchen, Pumpenarmaturen und Kupplungen sowie die Verluste durch Reibung in der Saugleitung, im Saugkorb und in den Pumpenarmaturen. Die erreichbare praktische Saughöhe beträgt deshalb nur etwa **8,00 Meter**.

■ Geodätische Saughöhe

Die geodätische Saughöhe ist der messbare senkrechte Abstand zwischen dem saugseitigen Wasserspiegel und der Pumpenmitte (Mitte der Laufradwelle) der Feuerlöschkreiselpumpe, gemessen in Meter. Sie ist somit unabhängig vom Verlauf und der Länge der verlegten Saugleitung. Die geodätischen Saughöhe kann sich im Verlauf einer Löschwasserentnahme ändern, wenn der saugseitige Wasserspiegel ansteigt oder abnimmt. Außerdem ist sie abhängig von der Art der verwendeten Feuerlöschkreiselpumpe (Fahrzeugeinbaupumpe oder Tragkraftspritze), das heißt, von der Lage der jeweiligen Pumpenmitte.

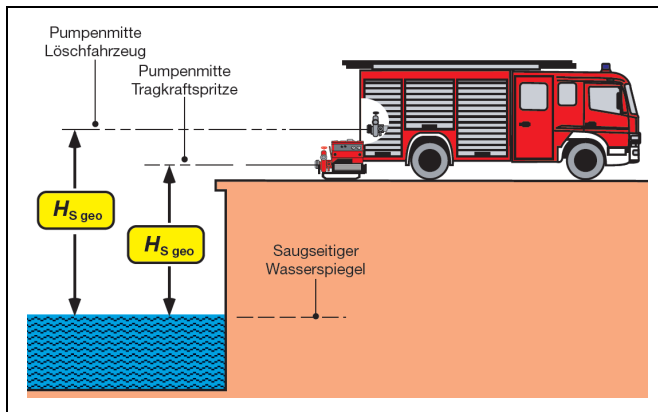


Abbildung 3: Geodätische Saughöhe in Abhängigkeit von der Art der verwendeten Feuerlöschkreiselpumpe

Bei der Aufstellung der Löschfahrzeuge beziehungsweise der Tragkraftspritzen im Bereich einer Wasserentnahmestelle ist darauf zu achten, dass ein möglichst geringer Abstand zwischen der Pumpenmitte der Feuerlöschkreiselpumpe und dem saugseitigen Wasserspiegel und somit eine weniger nachteilige geodätische Saughöhe erreicht wird.

■ Manometrische Saughöhe

Die manometrische Saughöhe setzt sich aus der geodätischen Saughöhe zuzüglich der Summe aller Saughöhenverluste zusammen und ist bei der Wasserförderung größer als die geodätische Saughöhe. Sie kann bei laufender Wasserförderung aus der Anzeige am Eingangsdruckmessgerät der Feuerlöschkreiselpumpe abgeleitet werden. Eine Anzeige von zum Beispiel minus 0,5 Bar (roter Skalenbereich) entspricht einer manometrischen Saughöhe von etwa 5,00 Meter.



Abbildung 4:
Eingangsdruckmessgerät

5 Wasserfortleitung

Nach der Wasserentnahme aus dem Löschwasserbehälter eines Löschfahrzeuges, aus einem Hydranten oder aus einer anderen Wasserentnahmestelle, wird die erforderliche Wassermenge über die einzelnen Abschnitte der Förderstecke durch den von den Feuerlöschkreiselpumpen erzeugten Druck bis zur Einsatzstelle fortgeleitet. Der von den Feuerlöschkreiselpumpen erzeugte Druck wird benötigt, um Druckverluste durch Reibung in den Druckleitungen auszugleichen, Höhenunterschiede im Verlauf der Förderstecke zu überwinden, innerhalb der Förderstecke Druck an Pumpeneingängen bereitzustellen und am Ende der Förderstecke einen ausreichenden Strahlrohrdruck zu erzeugen.

5.1 Förderstrom

Der Förderstrom (Q) ist die von der Feuerlöschkreiselpumpe geförderte Wassermenge (angegeben in Liter), die innerhalb einer bestimmten Zeiteinheit (angegeben in Minute) durch eine Schlauchleitung strömt. Er ist nicht ablesbar und ergibt sich üblicherweise aus der Anzahl und Größe der eingesetzten Strahlrohre und dem jeweiligen Volumenstrom dieser Strahlrohre (siehe Tabelle 1). Der Förderstrom wird durch die Veränderung des Volumenstroms der Strahlrohre oder durch Zuschalten von Strahlrohren erhöht, nur unwesentlich durch die Erhöhung des Strahlrohrdruckes.

5.2 Eingangsdruck

Der Eingangsdruck (p_e) ist der Druck unmittelbar am Saugeingang einer Feuerlöschkreiselpumpe, angezeigt durch das Eingangsdruckmessgerät. Der rote Skalenbereich zeigt den Eingangsdruck beim Saugbetrieb als negativen Wert (Anzeigebereich 0 bis minus 1 Bar), der schwarze Skalenbereich den Eingangsdruck bei der Wasserzuführung über Druckschläuche als positiven Wert (Anzeigebereich 0 bis 25 Bar). Wird das Wasser einer Feuerlöschkreiselpumpe unter Druck über Schlauchleitungen aus einem Hydranten oder von einer anderen Feuerlöschkreiselpumpe zugeführt, sollte der Eingangsdruck mindestens 1,5 Bar betragen.

5.3 Ausgangsdruck

Der Ausgangsdruck (p_a) ist der Druck unmittelbar an den B-Druckausgängen einer Feuerlöschkreiselpumpe, angezeigt als positiver Wert (Anzeigebereich 0 bis 25 Bar) durch das Ausgangsdruckmessgerät. Es ist der Druck, mit dem das Wasser die Feuerlöschkreiselpumpe verlässt und der für die Weiterförderung des Wassers genutzt wird. Der Ausgangsdruck einer Feuerlöschkreiselpumpe muss immer so groß sein, dass alle danach auftretenden Druckverluste durch Reibung oder Höhenzunahme überwunden werden und ein entsprechender Eingangsdruck oder Strahlrohrdruck erzeugt werden kann.

5.4 Förderdruck

Der Förderdruck (p) ist der errechnete Druck, der durch die Leistungsfähigkeit der Feuerlöschkreiselpumpe erzeugt wird, erkennbar am Unterschied zwischen dem angezeigten Ausgangsdruck und Eingangsdruck. Die Größe des Förderdrucks ist abhängig vom Typ der Feuerlöschkreiselpumpe. So kann eine genormte FPN 10-1000 einen Förderstrom von 1.000 Liter pro Minute mit einem Förderdruck von 10 Bar weiterfördern. Bekommt eine Feuerlöschkreiselpumpe das Wasser unter einem bestimmten Eingangsdruck zugeführt, kann der Eingangsdruck dem Förderdruck zugerechnet werden. Das Wasser verlässt die Feuerlöschkreiselpumpe dann mit einem entsprechenden Ausgangsdruck.

5.5 Druckverlust durch Reibung

Der Druckverlust durch Reibung (p_R) entsteht durch die innere Reibung des Wassers und durch die Reibung des Wassers an der Schlauchinnenwandung, wenn das Wasser eine Schlauchleitung durchströmt. Der Druckverlust durch Reibung ist abhängig

- vom **Durchmesser der Schläuche**, das heißt, je kleiner der Durchmesser, umso größer ist bei gleichem Förderstrom der Druckverlust durch Reibung. Dazu folgendes Beispiel, jeweils für eine Schlauchlänge von 100 Meter:

Durchmesser der Schläuche	Förderstrom (Q)	Druckverlust (p_R)
B-75	400 l/min	0,3 bar
C-52	400 l/min	1,7 bar
C-42	400 l/min	5,4 bar

Tabelle 3: Druckverlust durch Reibung in Abhängigkeit von Durchmesser der Schläuche

- von der **Länge der Schlauchleitung**, das heißt, je größer die Länge der Schlauchleitung ist, umso größer ist der Druckverlust durch Reibung. Dabei gilt die Regel: Doppelte Länge der Schlauchleitung = doppelter Druckverlust durch Reibung.
- vom **Förderstrom**, das heißt, je mehr Wasser durch die Schlauchleitung gefördert wird, umso größer ist der Druckverlust durch Reibung. Dabei gilt die überschlägige Regel: Doppelter Förderstrom = vierfacher Druckverlust durch Reibung.

Durch entsprechende Prüfungen wurden die Druckverluste durch Reibung in Abhängigkeit vom Durchmesser der Schläuche und von der Länge der Schläuche sowie von unterschiedlichen Förderströmen ermittelt. Dazu die folgenden Beispiele:

Förderstrom (Q)	Druckverlust (p_R)
400 l/min	0,3 bar
600 l/min	0,6 bar
800 l/min	1,0 bar
1.000 l/min	1,4 bar
1.200 l/min	2,0 bar
1.600 l/min	4,0 bar

Tabelle 4: Druckverlust durch Reibung pro 100 Meter B-Schlauchleitung

5.6 Druckverlust/-gewinn durch Höhenunterschiede

Der Druckverlust beziehungsweise der Druckgewinn durch Höhenunterschiede (p_{geo}) innerhalb einer Förderstrecke, ist der Druck, der zur Überwindung von Höhenunterschieden (H_{geo}) im Gelände oder in Gebäuden entsteht. Bei einer Höhenzunahme, bei der das Wasser hochgedrückt werden muss, ergibt sich ein Druckverlust von 1 Bar je 10 Meter Höhenzunahme. Bei einer Höhenabnahme, bei der der Wasserfluss zusätzlich unterstützt wird, ergibt sich ein Druckgewinn von 1 Bar je 10 Meter Höhenabnahme. Da die Höhenunterschiede im Gelände oder in Gebäuden in Meter angegeben werden, müssen die Höhenunterschiede für die Berechnungen zuerst in eine Druckangabe umgewandelt werden.

Neben der einfachen Abschätzung der Höhenunterschiede können zur genaueren Ermittlung der Höhenunterschiede topografische Karten, Visiereinrichtungen, Winkelmesser, Höhenmessbarometer oder sonstige technische Hilfsmittel verwendet werden.

5.7 Strahlrohrdruck

Der Strahlrohrdruck (p_{str}) ist der Druck, der an den Strahlrohren anstehen muss, um einen löschwirksamen Wasserstrahl mit entsprechender Wurfweite und Eindringvermögen zu erzeugen. Bei den Berechnungen für die Wasserförderung wird dieser Druck für alle Strahlrohrgrößen bei der Verwendung von Mehrzweckstrahlrohren auf 5 Bar und bei der Verwendung von Hohlstrahlrohren auf 6 Bar festgelegt. Der Strahlrohrdruck muss mindestens am Verteiler anliegen. Für die verbleibende Strecke zwischen dem Verteiler und den Strahlrohren kann in der Praxis vereinfacht 1 Bar berechnet werden.

5.8 Verfügbarer Druck

Der verfügbare Druck (p_v) ist der errechnete Druck innerhalb einer Förderstrecke, der sich aus dem Druckangebot der Feuerlöschkreiselpumpen ergibt, das heißt, aus dem Ausgangsdruck und dem Druckbedarf, entweder als Eingangsdruck an der nächsten Feuerlöschkreiselpumpe oder als notwendiger Strahlrohrdruck. Zieht man vom Ausgangsdruck den Eingangsdruck (für eine Teilstrecke Feuerlöschkreiselpumpen) beziehungsweise den Strahlrohrdruck (für die Teilstrecke Wasserabgabe) ab, verbleibt der jeweils verfügbare Druck. Dieser ist dann für die Überwindung von Strecken (Druckverluste durch Reibung) und von Höhenunterschieden (Druckverlust durch Höhenzunahme) nutzbar.

6 Wasserabgabe

Nach der Förderung einer festgelegten Wassermenge durch die Schlauchleitungen erfolgt die Wasserabgabe an der Einsatzstelle, entweder über Strahlrohre, in den Löschwasserbehälter eines Löschfahrzeuges oder in einen transportablen Löschwasserbehälter (Faltbehälter, Abrollbehälter AB Tank, ...). Dabei ist der jeweilige Strahlrohrdruck beziehungsweise der zulässige Fülldruck für den Löschwasserbehälter des Löschfahrzeuges zu beachten. Bei der Wasserabgabe in transportable Löschwasserbehälter erfolgt die Abgabe des geförderten Löschwassers im freien Auslauf.

7 Wasserförderung über eine lange Förderstrecke

Ist Entfernung zwischen einer Wasserentnahmestelle und dem Ort der Wasserabgabe sehr groß, wird die Wasserförderung über eine lange Förderstrecke erforderlich, bei der das an der Einsatzstelle benötigte Löschwasser über mehrere in Reihe hintereinander geschaltete Feuerlöschkreiselpumpen und entsprechend lange Schlauchleitungen gefördert wird. Der Aufbau einer langen Förderstrecke ist sehr personal-, material- und auch zeitintensiv (und wird deshalb auch nicht so häufig geübt!). Beim Aufbau der Förderstrecke müssen alle beteiligten Führungskräfte, Maschinisten und alle sonstigen Einsatzkräfte bestimmte Einsatzgrundsätze beachten.

Nachfolgend werden nur die wesentlichen Aufgaben und Tätigkeiten der Maschinisten bei der Wasserförderung über eine lange Förderstrecke erläutert.

7.1 Wasserentnahme

- Die Löschfahrzeuge beziehungsweise Tragkraftspritzen möglichst nah an der Wasserentnahmestelle aufstellen.
- Bei der Wasserentnahme aus Hydranten einen Systemtrenner in die zur Feuerlöschkreislumppe führende/-n Schlauchleitung/-en einkuppeln. Die Schlauchleitung/-en mit einem Sammelstück am A-Sauganschluss der Feuerlöschkreislumppe anschließen. Der Eingangsdruck an der Pumpe sollte mindestens 1,5 Bar betragen.
- Bei der Wasserentnahme aus unabhängigen Wasservorräten die Saugleitung möglichst kurz halten, ohne starke Krümmung („Luftsackbildung“), bei sauberem Wasser in fließenden Gewässern gegen die Flussrichtung und bei verschmutztem Wasser mit der Flussrichtung verlegen. Den Saugkorb tief genug unter die Wasseroberfläche eintauchen (mindestens 30 Zentimeter), wegen der Gefahr der Verstopfung jedoch nicht bis zum Grund des Gewässers absenken.
- Die abgehende Schlauchleitung am entsprechenden B-Druckanschluss der Feuerlöschkreislumppe anschließen und die Feuerlöschkreislumppe in Betrieb nehmen.

7.2 Wasserfortleitung

- Wenn das ankommende Wasser in die erste Feuerlöschkreislumppe einströmt, die entsprechende Absperreinrichtung (B-Druckventil) langsam öffnen und die abgehende Schlauchleitung mit einem Druck von etwa 3 Bar befüllen.
- Den Ausgangsdruck an der Feuerlöschkreislumppe auf Weisung langsam auf den vorgegebenen Wert erhöhen. Die Druckmessgeräte laufend beobachten und den Ausgangsdruck gegebenenfalls nachregeln.
- Die nachfolgende/-n Feuerlöschkreislumppe/-n in Betrieb nehmen und mit Leerlaufdrehzahl betreiben (Pumpe/-n ausgekuppelt). Die ankommende/-n Schlauchleitung/-en mit einem Sammelstück am A-Sauganschluss und die abgehende/-n Schlauchleitung/-en an einem B-Druckanschluss der Feuerlöschkreislumppe/-n anschließen. Die entsprechende/-n Absperreinrichtung/-n (B-Druckventil/-e) der Feuerlöschkreislumppe/-n öffnen.
- Wenn das ankommende Wasser in diese Feuerlöschkreislumppe/-n mit einem Eingangsdruck von mindestens 1,5 Bar einströmt, Pumpe/-n einkuppeln und die abgehende/-n Schlauchleitung/-n mit einem Druck von etwa 3 Bar befüllen.
- Den Ausgangsdruck an der/-den Feuerlöschkreislumppe/-n auf Weisung langsam auf den vorgegebenen Wert erhöhen. Die Druckmessgeräte laufend beobachten und den Ausgangsdruck gegebenenfalls nachregeln.

7.3 Bedienung der Feuerlöschkreislumpen

- Während der laufenden Wasserförderung die bestimmungsgemäße Bedienung der Feuerlöschkreislumpen sicherstellen. Dabei besonders auf die Anzeigen der Druckmessgeräte achten und die Drehzahl der Pumpen entsprechend nachregeln.

Hinweis: Bei einer offenen Schaltreihe ist beim Befüllen transportabler Löschwasserbehälter durch den freien Auslauf des Wassers kein entsprechender Gegendruck vorhanden.

den. Dadurch kann (im Saugbetrieb) Kavitation in der Feuerlöschkreiselpumpe entstehen oder der Abschaltdruck der Entlüftungseinrichtung nicht erreicht werden.

7.4 Störungen während der Wasserförderung

- Wenn einzelne Strahlrohre geschlossen werden, sich dadurch der Förderstrom verringert, der Druckverlust durch Reibung in den Schlauchleitungen abnimmt und der Eingangs- und Ausgangsdruck zunimmt, die Feuerlöschkreiselpumpe entsprechend nachregeln.
- Wenn an Mehrzweckstrahlrohren die Mundstücke abgenommen, an Hohlstrahlrohren eine höhere Durchflussmenge eingestellt oder ein C-Rohr durch ein B-Rohr ersetzt wird, sich dadurch der Förderstrom vergrößert, der Druckverlust durch Reibung in den Schlauchleitungen (erheblich) zunimmt und der Eingangs- und Ausgangsdruck abnimmt, die Feuerlöschkreiselpumpe entsprechend nachregeln.
- Beim Ausfall einer Feuerlöschkreiselpumpe die übrigen Pumpen im Verlauf der Förderstrecke sofort auskuppeln, die Motoren gegebenenfalls abstellen.
- Den jeweils verantwortlichen Einheitsführer über Störungen informieren.

7.5 Abbau der Förderstrecke

- Nach dem Befehl „Wasser halt“ den Ausgangsdruck an allen Feuerlöschkreiselpumpen langsam zurücknehmen, Pumpen auskuppeln und die Motoren noch einige Zeit mit Leerlaufdrehzahl weiterlaufen lassen.
- Nach dem Befehl „Zum Abmarsch fertig“ die Absperreinrichtungen (B-Druckventile) an allen Feuerlöschkreiselpumpen vollständig öffnen (Arretierungsstift ziehen und federbelasteten Ventilteller vom Ventilsitz abheben) und die Schlauchleitungen über freie B-Druckanschlüsse an den Feuerlöschkreiselpumpen entleeren.
- Nach dem Entleeren die Schlauchleitungen abkuppeln und die Einsatzbereitschaft der Feuerlöschkreiselpumpen wieder herstellen.

8 Quellennachweis

ecomed-Storck GmbH, Landsberg am Lech

- Abbildung 1 und 3

AWG Fittings GmbH, Ballendorf

- Abbildung 2

Gemeinschaft Feuerwehrfachhandel Deutschland - gfd® GmbH, Ludwigsfelde

- Abbildung 4

9 Literaturnachweis

DIN 14011 „Feuerwehrwesen - Begriffe“, Ausgabe Januar 2018, Beuth Verlag GmbH, Berlin

DUBIG, M.: „Handbuch für Maschinisten“, 5. Auflage 2016, Wenzel-Verlag, Marburg

SCHOTT, L., RITTER, M.: „Aktuelles Grundwissen für den Dienst in der Feuerwehr“, Ausgabe: 2016, Wenzel-Verlag, Marburg

ZAWADKE, TH.: Rotes Heft 217 „Wasserversorgung“, 2. erweiterte und aktualisierte Auflage 2021, W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart