

*VCI-Leitfaden*

## Kreiselpumpenaggregate (LF03)

- Anwendung, Bewertung, Strategien gemäß DIN EN ISO 2858



Responsible Care – ein Beitrag zur  
Nachhaltigkeitsinitiative Chemie<sup>3</sup>

**CHEMIE<sup>3</sup>**  
DIE NACHHALTIGKEITSINITIATIVE  
DER DEUTSCHEN CHEMIE

Getragen von:  
Wirtschaftsverband VCI,  
Gewerkschaft IG BCE und  
Arbeitgeberverband BAVC

### **Rechtliche Hinweise**

*Dieser Leitfaden entbindet in keinem Fall von der Verpflichtung zur Beachtung der gesetzlichen Vorschriften. Der Leitfaden wurde mit großer Sorgfalt erstellt. Dennoch übernehmen die Verfasser und der Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI) keine Haftung für die Richtigkeit der Angaben, Hinweise, Ratschläge sowie für eventuelle Druckfehler. Aus etwaigen Folgen können deswegen keine Ansprüche weder gegen die Verfasser noch gegen den Verband der Chemischen Industrie e.V. geltend gemacht werden.*

*Das Urheberrecht dieses Leitfadens liegt beim VCI. Die vollständige und auszugsweise Verbreitung des Textes ist nur gestattet, wenn Titel und Urheber genannt werden.*

Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Thilo Höchst  
Bereichsleiter Umweltschutz, Anlagensicherheit, Verkehr  
Abteilung Wissenschaft, Technik und Umwelt  
Telefon: +49 (69) 2556-1507  
E-Mail: [hoechst@vci.de](mailto:hoechst@vci.de)  
Internet: [www.vci.de](http://www.vci.de) · [Twitter](#) · [LinkedIn](#)

Verband der Chemischen Industrie e.V.  
Mainzer Landstraße 55, 60329 Frankfurt

- Registernummer des EU-Transparenzregisters: 15423437054-40
- Der VCI ist in der „öffentlichen Liste über die Registrierung von Verbänden und deren Vertretern“ des Deutschen Bundestags registriert.

*Der VCI vertritt die wirtschaftspolitischen Interessen von rund 1.700 deutschen Chemieunternehmen und deutschen Tochterunternehmen ausländischer Konzerne gegenüber Politik, Behörden, anderen Bereichen der Wirtschaft, der Wissenschaft und den Medien. 2019 setzte die Branche über 198 Milliarden Euro um und beschäftigte rund 464.000 Mitarbeiter.*

## Inhaltsverzeichnis

<b>VCI-Leitfaden</b> Kreiselpumpenaggregate (LF03) - Anwendung, Bewertung, Strategien gemäß DIN EN ISO 2858.....	1
Inhaltsverzeichnis.....	3
0. Vorwort .....	4
1. Anwendungsbereich.....	4
2. Definitionen / Begriffe.....	5
2.1. Normpumpen-Austauschbarkeitsindex (NPAI) .....	5
2.2. Verrohrungsgrundkonstellation .....	5
2.3. Grenz-Durchflussmenge und Grenz-Durchflussfaktor (bezogen auf die Nenn-Durchflussmenge nach DIN EN ISO 2858) .....	8
2.3.1. Berechnungsansatz.....	8
2.3.2. Ergebnistabellen.....	9
2.4. „Extended Flow“ - Fördermengenbereich.....	10
2.5. Rohrleitungsformteile (Reduzierungen und Erweiterungen).....	11
3. Auswirkungen bei Nutzung von "Extended Flow" - Fördermengenbereichen .....	11
3.1. Zusätzliche Nennweitemsprünge .....	12
3.2. Mindestmenge für Dauerbetrieb und Kurzzeitbetrieb.....	12
3.4. Austauschbarkeit / eingeschränkter Wettbewerb .....	13
4. Verschiedene Strategien, Optionen und Auswirkungen .....	15
4.1. Aus dem Blickwinkel eines Neuanlagenplaners .....	15
4.1.1. Strategie 1 .....	15
4.1.2. Strategie 2 .....	15
4.1.3. Strategie 3 .....	15
4.2. Aus dem Blickwinkel eines Pumpenbetreibers .....	16
4.3. Aus dem Blickwinkel eines Poolbetreibers.....	17
5. Fazit .....	18
Gesetzliche Grundlagen und Verweise.....	18
Anhang A .....	19
Ermittlung der Baugröße durch DIN EN ISO 2858 Baugrößenkennfelder .....	19

## 0. Vorwort

Mit steigender Tendenz ist zu erkennen, dass Pumpenhersteller bei der Entwicklung neuer Baureihen oder bei der Überarbeitung ihrer existierenden Baureihen zwar hinsichtlich der Abmessungen den Vorgaben der DIN EN ISO 2858 folgen, das hydraulische Leistungsvermögen einiger Pumpenbaugrößen aber - mit teilweise signifikanten Abweichungen von den baugrößen- und drehzahlabhängig vorgegebenen Norm-Durchfluss-Nennleistungen - hin zu größeren Volumenströmen verschieben.

Dieser Leitfaden ist als Arbeitsunterlage für Planer, Einkäufer und Betreiber von Kreiselpumpen gemäß DIN EN ISO 2858 erstellt worden. Im Rahmen dieses Leitfadens werden die möglichen Probleme näher erläutert, die sich durch die obenstehende Entwicklungstendenz ergeben können, und darüber hinaus auch Hinweise zu möglichen Strategien gegeben, diese Probleme zu umgehen bzw. zu entschärfen.

## 1. Anwendungsbereich

Einstufige Chemienormpumpen gemäß DIN EN ISO 2858 [Kreiselpumpen mit axialem Eintritt (PN16) - Bezeichnung, Nennleistung und Abmessungen] sind Pumpen, die im Sinne der Norm nicht nur in den Abmessungen, sondern auch hinsichtlich ihrer hydraulischen Eigenschaften standardisiert sind. Derartige Pumpen sollten ohne großen Aufwand herstellerunabhängig gewechselt, bzw. ausgetauscht werden können, wobei auch unterschiedliche Abdichtungssysteme (Gleitringdichtungen, Magnetkupplungen) zum Einsatz kommen können.

Diese Art von Pumpen wird bevorzugt in den verfahrenstechnischen Anlagen der europäischen chemischen Industrie eingesetzt. Die grundlegenden technischen Anforderungen bzw. Konstruktionsdetails sind in den zugehörigen Normen, der DIN EN ISO 5199 [Technische Anforderungen an Kreiselpumpen, Klasse II] bzw. der DIN EN ISO 15783 [Wellendichtungslose Kreiselpumpen – Klasse II – Technische Anforderungen] näher beschrieben.

## 2. Definitionen / Begriffe

### 2.1. Normpumpen-Austauschbarkeitsindex (NPAI)

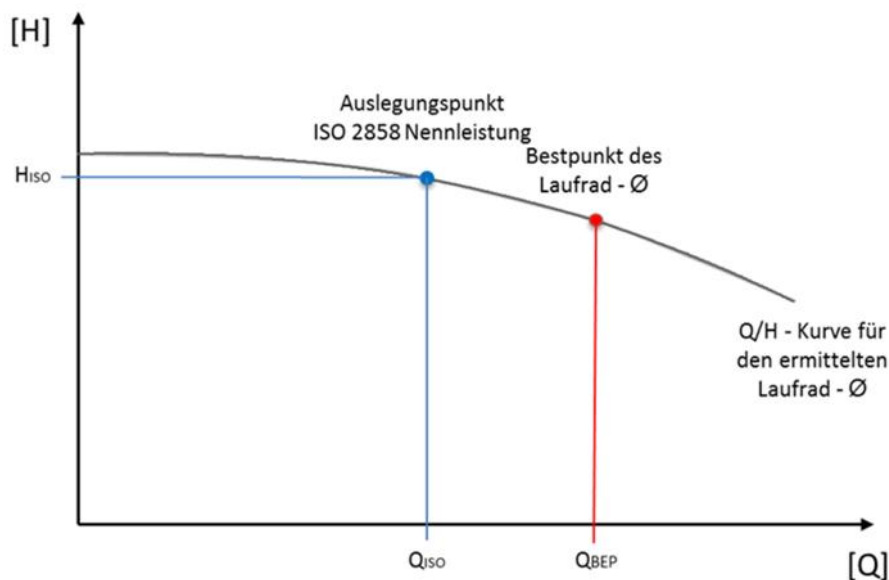
Der Normpumpen-Austauschbarkeitsindex (NPAI) im Sinne dieses Leitfadens ist baugrößen- und drehzahlabhängig und wird für alle in der DIN EN ISO 2858 angegebenen Baugrößen und Nenndrehzahlen getrennt ermittelt. Dabei wird der Laufraddurchmesser so gewählt, dass er die jeweilige baugrößen- und drehzahlspezifische Normnennleistung ( $Q_{ISO}$ ,  $H_{ISO}$ ) als fiktiven Auslegungspunkt trifft.

Der NPAI ist definiert als das Verhältnis zwischen Fördermenge des Punktes besten Wirkungsgrades ( $Q_{BEP}$ ) für den jeweils so ermittelten Laufraddurchmesser und der zugehörigen Norm-Nennfördermenge ( $Q_{ISO}$ ).

$$\blacksquare \text{ NPAI} = Q_{BEP} / Q_{ISO}$$

Der NPAI kann für die Beurteilung der geometrischen Ähnlichkeit von Kennlinienverläufen herangezogen werden.

Je geringer die Abweichung des NPAI bei Pumpen gleicher Baugröße und Drehzahl verschiedener Hersteller ist, desto größer ist die geometrische Ähnlichkeit der Kennlinienverläufe und somit die Austauschbarkeit der Pumpen.



**Bild 1**

### 2.2. Verrohrungsgrundkonstellation

Die DIN EN ISO 2858 legt Nennweiten für die saug- und druckseitigen Pumpenstutzen sowie Norm-Nennleistungen ( $Q_{ISO}$ ,  $H_{ISO}$ ) fest. Diese Festlegungen sind als Konstruktionsvorgaben für die Gehäusebauformen und die äußeren Abmessungen relevant.

Die in der Norm festgelegten Nenn-Durchflussmengen ( $Q_{ISO}$ ) führen, in Verbindung mit den in der Norm jeweils zugeordneten Stutzenennweiten, teilweise zu hohen Strömungsgeschwindigkeiten in den Pumpenstutzen. Würden die saug- und druckseitigen

Rohrleitungen in der gleichen Nennweite wie die Pumpenstutzen ausgeführt, ergäben sich bei vielen Konstellationen (Baugröße, Drehzahl), je nach Leitungslänge, teilweise sehr hohe Druckverluste.

Um die saug- und druckseitigen Rohrleitungsdruckverluste möglichst zu minimieren und darüber hinaus auch die Investitionskosten für die Rohrleitungen in einem vertretbaren Rahmen zu halten, werden die erforderlichen Rohrleitungsnennweiten - unabhängig von den jeweiligen Nennweiten der Pumpenstutzen - in der Regel so festgelegt, dass bestimmte Strömungsgeschwindigkeiten nicht überschritten werden.

Basierend auf den in der Verfahrenstechnik üblichen Grenzwerten für Strömungsgeschwindigkeiten bei der saug- und druckseitigen Verrohrung von Pumpensystemen (Saugseite: 1 bis 1,5 m/s; Druckseite: 2,5 bis 3,0 m/s; Quelle: Dubbel), ergeben sich für die jeweiligen Nenn-Durchflussmengen ( $Q_{ISO}$ ) die in Tabelle 1 und 2 gelisteten Rohrleitungsnennweiten.

Diese Zuordnung der Rohrleitungsnennweiten zu den Nenn-Durchflussmengen wird als Verrohrungsgrundkonstellation im Sinne dieses Leitfadens definiert. Für die Berechnungen sind die Innendurchmesser von PN16 DIN-Rohren (Quelle: Conval) verwendet worden.

Nenn-Durchfluss-Menge [m <sup>3</sup> /h]	Norm-Baugröße					Verrohrungs-Grundkonstellation Saugseite		Verrohrungs-Grundkonstellation Druckseite	
						2900 min <sup>-1</sup>		2900 min <sup>-1</sup>	
						DN	[m/s]	DN	[m/s]
12,5	50	-	32	-	XXX	50	1,49	40	2,38
25	65	-	40	-	XXX	80	1,30	50	2,98
50	80	-	50	-	XXX	125	1,02	80	2,60
100	100	-	65	-	XXX	150	1,39	125	2,04
160	125	-	80	-	XXX	200	1,32	150	2,23
250	125	-	100	-	XXX	250	1,30	200	2,06

**Tabelle 1:** Saug- u. druckseitige Verrohrungsgrundkonstellation für Drehzahl 2900 min<sup>-1</sup>

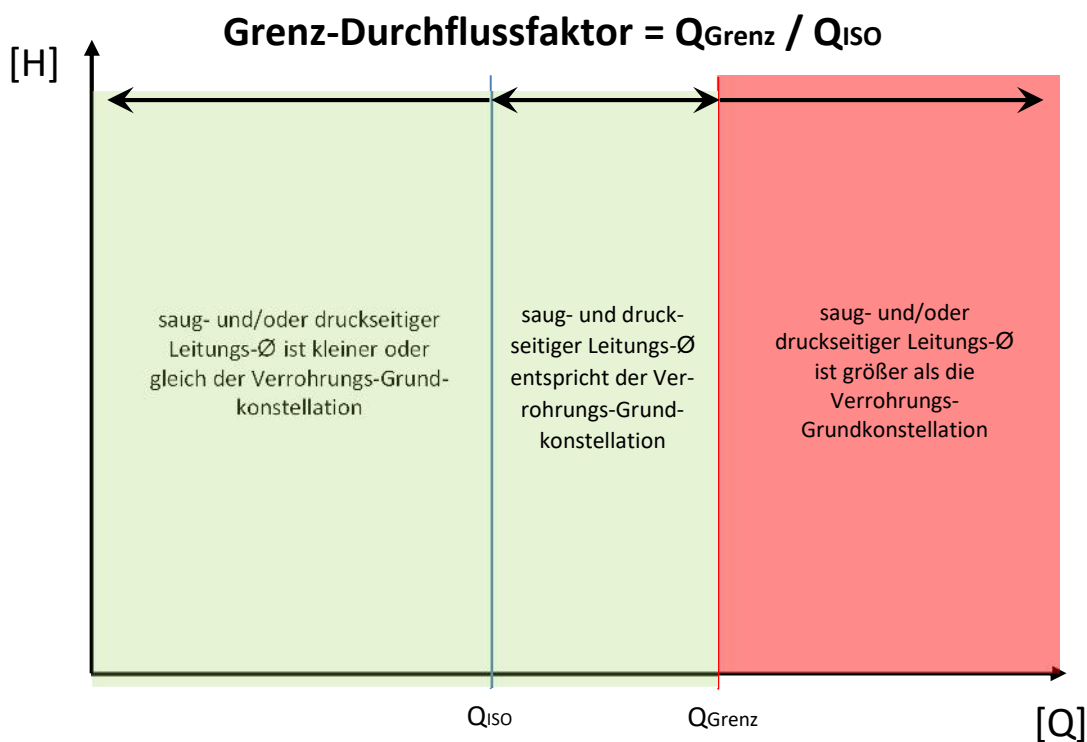
Nenn- Durchfluss- Menge  [m³/h]	Norm-Baugröße					Verrohrungs- Grundkonstellation Saugseite 1450 min-1		Verrohrungs- Grundkonstellation Druckseite 1450 min-1	
						DN	[m/s]	DN	[m/s]
6,3	50	-	32	-	XXX	40	1,20	25	2,74
12,5	65	-	40	-	XXX	50	1,49	40	2,38
25	80	-	50	-	XXX	80	1,30	50	2,98
50	100	-	65	-	XXX	125	1,02	80	2,60
80	125	-	80	-	XXX	150	1,11	100	2,47
125	125	-	100	-	XXX	200	1,03	125	2,55
200	150	-	125	-	XXX	250	1,04	150	2,79
400	200	-	150	-	XXX	350	1,23	250	2,09

**Tabelle 2:** Saug- u. druckseitige Verrohrungsgrundkonstellation für Drehzahl 1450 min<sup>-1</sup>

### 2.3. Grenz-Durchflussmenge und Grenz-Durchflussfaktor (bezogen auf die Nenn-Durchflussmenge nach DIN EN ISO 2858)

Die Grenz-Durchflussmenge ( $Q_{\text{Grenz}}$ ) ist baugrößen- und drehzahlabhängig. Sie ist die Durchflussmenge, bei der die Verrohrungsgrundkonstellation (hinsichtlich der saug- und / oder druckseitigen Rohrleitungsdurchmesser) den Grenzwert der empfohlenen Strömungsgeschwindigkeiten erreicht, sodass bei Steigerung des Durchflusses über diese Grenz-Durchflussmenge hinweg, die Verrohrungsgrundkonstellation hin zu größeren Rohrleitungsdurchmessern verändert werden müsste.

Der Grenz-Durchflussfaktor ist der Quotient aus Grenz-Durchflussmenge ( $Q_{\text{Grenz}}$ ) und Nenn-Durchflussmenge ( $Q_{\text{ISO}}$ ).



**Bild 2**

#### 2.3.1. Berechnungsansatz

Randbedingungen für die Berechnung:

Quelle: Dubbel → Empfohlene Geschwindigkeiten in ...

- Saugleitungen von Kreiselpumpen 1,0 bis **1,5** m/s
- Druckleitungen von Kreiselpumpen 2,5 bis **3,0** m/s

Quelle: Conval: → Innendurchmesser von PN16 DIN-Rohren



Nenn- weite DN  [ - ]	Innen-Ø DIN-Rohr PN16  [mm]	Durchfluss- Menge bei 1,5 m/s  [m³/h]	Durchfluss- Menge bei 3,0 m/s  [m³/h]
15	17,3	1,27	2,54
20	23,1	2,26	4,53
25	28,5	3,44	6,89
32	36,3	5,59	11,18
40	43,1	7,88	15,76
50	54,5	12,60	25,19
65	70,3	20,96	41,92
80	82,5	28,87	57,73
100	107,1	48,65	97,30
125	131,7	73,56	147,12
150	159,3	107,63	215,25
200	207,3	182,26	364,51
250	260,4	287,58	575,17
300	309,7	406,79	813,57
350	339,6	489,12	978,25
400	390,4	646,40	1292,81
500	492	1026,63	2053,26

**Tabelle 3:** Grenz-Durchflussmenge bei Strömungsgeschwindigkeit 1,5 und 3,0 m/s

### 2.3.2. Ergebnistabellen

3. Norm-Baugröße					Nenn- Durchfluss- menge  [m³/h]	Grenz-Durchflussmenge bzw. Grenz-Durchflussfaktor 2900 min <sup>-1</sup>	
						Menge [m³/h]	Faktor [ - ]
50	-	32	-	XXX	12,5	12,60	1,01
65	-	40	-	XXX	25	25,20	1,01
80	-	50	-	XXX	50	57,73	1,15
100	-	65	-	XXX	100	107,63	1,08
125	-	80	-	XXX	160	182,26	1,14
125	-	100	-	XXX	250	287,59	1,15

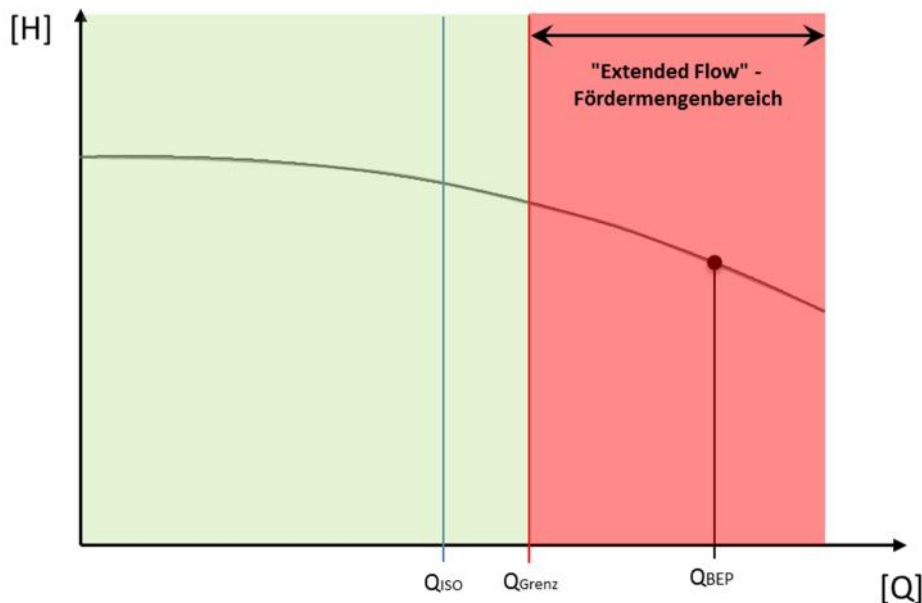
**Tabelle 4:** Grenz-Durchflussmenge und Grenz-Durchflussfaktor für Drehzahl 2900 min<sup>-1</sup>

Norm-Baugröße					Nenn-Durchflussmenge [m³/h]	Grenz-Durchflussmenge bzw. Grenz-Durchflussfaktor 1450 min <sup>-1</sup>	
						Menge [m³/h]	Faktor [-]
50	-	32	-	XXX	6,3	6,89	1,09
65	-	40	-	XXX	12,5	15,76	1,26
80	-	50	-	XXX	25	25,20	1,01
100	-	65	-	XXX	50	57,73	1,15
125	-	80	-	XXX	80	97,30	1,22
125	-	100	-	XXX	125	147,13	1,18
150	-	125	-	XXX	200	215,25	1,08
200	-	150	-	XXX	400	489,12	1,22

**Tabelle 5:** Grenz-Durchflussmenge und Grenz-Durchflussfaktor für Drehzahl 1450 min<sup>-1</sup>

## 2.4. „Extended Flow“ - Fördermengenbereich

Der „Extended Flow“ - Fördermengenbereich im Sinne dieses Leitfadens ist der Fördermengenbereich einer konkreten Baugröße bei gegebener Drehzahl, der oberhalb der zugehörigen Grenz-Durchflussmenge liegt (Grenz-Durchflussfaktor x Norm-Durchfluss-Nennleistung).

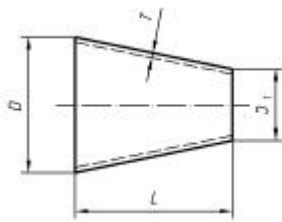


**Bild 3:** Eine im „Extended Flow“ - Fördermengenbereich betriebene Pumpe hat faktisch eine gegenüber dem Normraster verkleinerte Baugröße

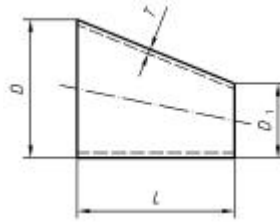
## 2.5. Rohrleitungsformteile (Reduzierungen und Erweiterungen)

Rohrleitungsformteile, häufig auch Fittings genannt, sind rohrartige Bauteile in einer Rohrleitung. Dazu gehören u.a. Reduzierungen und Erweiterungen, die dazu verwendet werden, die Nennweiten von Rohrleitungen zu verändern.

Sehr häufig werden gerade konzentrische (Bild 4) und gerade exzentrische (Bild 5) Reduzierungen bzw. Erweiterungen verwendet.



**Bild 4**



**Bild 5**

Die Normen-Reihe EN 10253 umfasst eine Reihe Europäischer Normen über Rohrleitungsformteile zum Einschweißen in Rohrleitungen, unter anderem sind in dieser Normenreihe auch Erweiterungen und Reduzierungen erfasst.

Derartige Formstücke verursachen Verwirbelungen und damit Druckverluste in der Rohrströmung, die desto größer sind, je stärker die Durchmesserreduzierung bzw. -erweiterung bei gleicher Länge der Bauteile ist.

## 3. Auswirkungen bei Nutzung von "Extended Flow" - Fördermengenbereichen

Wenn der „Extended Flow“ - Fördermengenbereich einer Chemienormpumpe genutzt wird, dann können sich, bei Überschreitung bestimmter Grenzen, Systemrandbedingungen verändern. Unter anderem sind dies z.B. die Rohrleitungs-nennweiten der Saug- und Druckleitung im Vergleich zu den gegebenen Pumpenstutzen oder die Austauschbarkeit mit gleichen Baugrößen eines anderen Herstellers. Diese Veränderungen sind hinsichtlich ihrer realen Auswirkungen umso gravierender, je weiter in einem konkreten Fall die tatsächliche Auslegungsfördermenge die jeweilige Nenn-Durchflussmenge der betrachteten Baugröße übersteigt.

Nachfolgend werden die verschiedenen Aspekte und Zusammenhänge näher erläutert. Die jeweils beschriebenen Folgen können sich in einem konkreten Anwendungsfall als vernachlässigbar erweisen, können aber auch signifikante Auswirkungen haben. Was im jeweiligen Anwendungsfall tatsächlich zu berücksichtigen ist, kann deshalb nur im Rahmen einer individuellen Einzelfallbetrachtung ermittelt werden.

### 3.1. Zusätzliche Nennweitemsprünge

Eine Pumpe, die im „Extended Flow“ - Fördermengenbereich betrieben wird, hat faktisch eine gegenüber dem Normraster verkleinerte Baugröße. Dadurch ergeben sich zusätzliche Nennweitemsprünge zwischen Saug- und Druckleitung und den zugehörigen Pumpenstutzen.

- Die zulässigen Stutzenkräfte und -momente einer im „Extended Flow“ - Fördermengenbereich betriebenen Pumpenbaugröße sind kleiner als die der dem Normraster entsprechenden Pumpenbaugröße. Wenn die durch die Leitungen verursachten Rückwirkungen auf die Pumpe deshalb reduziert werden müssen, erfordert dies in der Regel größere Systemabmessungen für die Installation und höheren Kosten für Planung, Material und Installation der Leitungen.
- Die normalerweise in der chemischen Industrie verwendeten Reduzierungen und Erweiterungen (nach DIN EN 10253-2, mit Länge  $1 \times D$ ) verursachen bei zusätzlichen Nennweitemsprüngen auch deutlich höhere Druckverluste. Diese zusätzlichen Druckverluste müssen von der Pumpe „kompensiert“ werden. Darüber hinaus muss auch damit gerechnet werden, dass die höheren Turbulenzen in den Rohrleitungsformteilen eine höhere Schallemission zur Folge haben.
- Längere Sonderrohrleitungsformteile (z.B. Reduzierungen bzw. Erweiterungen nach DIN EN 10253-3, mit Länge  $1,9 \times D$ ) ermöglichen zwar eine Reduzierung der Druckverluste auf einen mit der Verrohrungsgrundkonstellation vergleichbaren Wert, vergrößern aber auf jeden Fall die für die Installation zu berücksichtigenden Systemabmessungen. Zudem werden Rohrleitungsformteile nach DIN EN 10253-1 und 10253-3 ohne besondere Prüfanforderungen hergestellt und sind deshalb in der chemischen Industrie häufig nicht zur Verwendung freigegeben. Bei Einsatz derartiger Teile ist also erhöhte Vorsicht und zusätzliche Prüfung erforderlich.

### 3.2. Mindestmenge für Dauerbetrieb und Kurzzeitbetrieb

Bei Chemienormpumpen wird vom Hersteller in aller Regel die zulässige Mindestmenge (egal ob für Kurzzeit- oder Dauerbetrieb) als prozentualer Anteil der Fördermenge im Bestpunkt angegeben. In erster Näherung ist davon auszugehen, dass die Mindestmenge für Dauerbetrieb bei ca. 20 bis 30% von  $Q_{BEP}$  und für Kurzzeitbetrieb bei ca. 10 bis 15% von  $Q_{BEP}$  liegt. Genauere Angaben dazu sind unter Berücksichtigung des tatsächlichen Anwendungsfalls vom jeweiligen Pumpenhersteller zu erfragen.

Tendenziell bedeutet das aber auch, dass beim Austausch oder beim Vergleich von Chemienormpumpen gleicher Baugröße und Drehzahl, aber mit voneinander abweichendem Normpumpen-Austauschbarkeitsindex (NPAI), die absoluten Werte der zulässigen Mindestmengen voneinander abweichen werden. Das Verhältnis der tatsächlichen Mindestmengen wird grob vereinfacht etwa dem Verhältnis der jeweiligen NPAI's entsprechen.

Beim technischen Vergleich von Pumpen im Rahmen einer Neuanlagenplanung wird in der Regel durch den Planungsprozess selbst sichergestellt, dass die existierenden Unterschiede im Rahmen einer Energiekostenbewertung entsprechend berücksichtigt werden.

Beim Austausch von Pumpen in vorhandenen Anlagen sind jedoch folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Bei vorhandenen Pumpensystemen mit ständigem Mindestmengenbypass über Blende ist der tatsächliche Auslegungspunkt der Pumpe sorgfältig zu prüfen und bei Bedarf die Blende im Bypass entsprechend anzupassen. Motorleistungen müssen bei Bedarf dem tatsächlichen Auslegungspunkt der Pumpe angepasst werden.
- Bei Pumpensystemen mit temporär geöffnetem Mindestmengenbypass (z.B. durch Verwendung eines Freilaufückschlagventils) sind die internen Einbauten entsprechend zu prüfen und gegebenenfalls anzupassen.
- Bei Pumpensystemen ohne Mindestmengenabsicherungen ist sorgfältig zu prüfen, ob die prozessbedingt garantierten Mindestmengen oberhalb der jeweiligen Mindestmengen der Pumpen liegen.

### **3.3. Verschleiß bei feststoffbeladenen und korrosiven Flüssigkeiten (Stutzenströmungsgeschwindigkeit)**

Je weiter in einem konkreten Fall die tatsächliche Auslegungsfördermenge die jeweilige Nenn-Durchflussmenge der betrachteten Baugröße übersteigt, desto höher werden die Strömungsgeschwindigkeiten im Saug- und Druckstutzen der Pumpe. Das kann unter bestimmten verfahrenstechnischen Bedingungen zu Problemen führen. Unter anderem sind dies:

- Erhöhter Verschleiß bei Förderung von feststoffbeladenen Flüssigkeiten
- Erhöhte Korrosion bei Förderung von korrosiven Flüssigkeiten (wg. gestörter Passivierung)

Universell gültige Grenzwerte für maximal zulässige Stutzenströmungsgeschwindigkeiten sind nicht verfügbar. Individuelle Grenzen können nur unter Berücksichtigung eines konkreten Anwendungsfalls und unter Berücksichtigung vorliegender Betriebserfahrungen im Rahmen einer individuellen Einzelfallbetrachtung festgelegt werden.

### **3.4. Austauschbarkeit / eingeschränkter Wettbewerb**

Wenn der „Extended Flow“ - Fördermengenbereich einer Chemienormpumpe genutzt wird, kann das Auswirkungen auf die Austauschbarkeit mit gleichen Baugrößen eines anderen Herstellers haben. Prinzipiell ist dazu folgendes anzumerken:

- Bei Chemienormpumpen gleicher Baugröße und Drehzahl, mit nahe beieinander liegendem NPAI, dürfte der Austausch problemlos möglich sein.

- Bei Chemienormpumpen gleicher Baugröße und Drehzahl, mit deutlich voneinander abweichendem NPAI, sind beim Austausch die nachfolgend beschriebenen Sonderfälle zu betrachten:
  - Vorhandene Pumpe hat einen größeren NPAI und zudem ist der Auslegungspunkt rechts vom zulässigen Fahrbereich der Pumpe, die als Ersatz verwendet werden soll → Austausch ist nicht möglich.
  - Vorhandene Pumpe hat einen größeren NPAI, der Auslegungspunkt ist aber innerhalb des zulässigen Fahrbereichs der Pumpe, die als Ersatz verwendet werden soll → Austausch ist generell möglich; Kapitel 3.2. ist zu berücksichtigen.
  - Vorhandene Pumpe hat einen kleineren NPAI als die Pumpe, die als Ersatz verwendet werden soll → Austausch ist generell möglich; Kapitel 3.2. ist zu berücksichtigen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bei Nutzung der „Extended Flow“ - Fördermengenbereiche von Pumpen mit DIN EN ISO 2858-Baugrößen, je nach vorliegendem Austauschzenario, der mögliche Wettbewerb erheblich eingeschränkt sein kann.

### **3.5. Mögliche Konsequenzen bei Nichtbeachtung der Punkte 3.1. bis 3.4.**

Die möglichen Konsequenzen decken einen sehr weiten Bereich ab. Im günstigsten Fall kommt es nur zu Wettbewerbsverzerrungen durch unzureichende Angebotsvergleiche. Bei sehr ungünstigen Konstellationen kann es aber durchaus auch zu ernststen Problemen beim späteren Betrieb der Pumpen kommen, durch z.B. unzureichende Förderhöhe der Pumpe oder unzulässige Belastung der Pumpe aus den angeschlossenen Rohrleitungen. Des Weiteren kann es zu Problemen mit den Anschlussmaßen und installierten Motorleistungen kommen.

## 4. Verschiedene Strategien, Optionen und Auswirkungen

### 4.1. Aus dem Blickwinkel eines Neuanlagenplaners

#### 4.1.1. Strategie 1

- *Vorgabe der Baugröße durch Begrenzung des individuellen hydraulischen Nutzungsbereiches durch Baugrößen-Kennfelder (siehe Anhang A)*

**Vorteile:** Keine Einschränkungen hinsichtlich des Bieterkreises. Bisheriger Planungsablauf kann unverändert beibehalten werden (Pumpen mit deutlich voneinander abweichendem NPAI können ohne Probleme miteinander verglichen werden). Rohrleitungstechnisch sind Einbauraum und Einbaumaße für alle Bieter gleich. Die Situation hinsichtlich der Stutzenkräfte und -momente bleibt für alle Bieter unverändert.

**Nachteile:** keine

#### 4.1.2. Strategie 2

- *Keine Begrenzung des individuellen hydraulischen Nutzungsbereiches; jedoch Einschränkung des Bieterkreises auf Pumpen mit baugrößen- und drehzahlspezifisch eng beieinander liegenden NPAI*

**Vorteile:** Pumpen mit eng beieinander liegendem baugrößen- und drehzahlspezifischen NPAI haben hydraulisch ähnliche Kennlinienverläufe und sind deshalb untereinander vergleichbar / austauschbar. Der bisherige Planungsablauf kann unverändert beibehalten werden. Rohrleitungstechnisch sind Einbauraum und Einbaumaße für alle Bieter gleich.

**Nachteile:** Bei Anwendung dieser Strategie ist bei der erstmaligen Festlegung und bei einem späteren Wechsel der Bieter der potenziell verfügbare Bieterkreis stark eingeschränkt. Die Situation hinsichtlich Stutzenkräfte und -momente kann sich verschlechtern, wenn kleinere Baugrößen eingesetzt werden als im Normraster für eine vorgegebene hydraulische Leistung ursprünglich vorgesehen.

#### 4.1.3. Strategie 3

- *Keine Begrenzung des individuellen hydraulischen Nutzungsbereiches*

**Vorteile:** Keine Einschränkungen hinsichtlich des Bieterkreises. Möglicherweise geringe Kosteneinsparungen durch Einkauf von kleineren Hydrauliken als im Normraster ursprünglich vorgesehen.

**Nachteile:** Der Planungsablauf muss gegebenenfalls angepasst werden (aufwändiger), da ansonsten erhebliche Verzerrungen beim Angebotsvergleich zu befürchten sind. Rohrleitungstechnisch können Einbauraum und Einbaumaße von Bieter zu Bieter unterschiedlich sein. Bei bestimmten Konstellationen - die von Bieter zu Bieter unterschiedlich sein können - müssen zusätzliche Druckverluste von Rohrleitungsformteilen bei der Förderhöhenfestlegung der Pumpe berücksichtigt werden. Die Situation hinsichtlich Stutzenkräfte und -momente kann von Bieter zu Bieter unterschiedlich sein.

*Fazit: Generell sind alle drei Strategien anwendbar, wenn jedoch am bisherigen Planungsablauf nichts - oder wenn doch, dann nur mit erheblichem Aufwand - geändert werden kann, ist die Anwendung der Strategie 1 zu empfehlen.*

#### 4.2. Aus dem Blickwinkel eines Pumpenbetreibers

Eines der Ziele eines Pumpenbetreibers ist, die Verfügbarkeit einer verfahrenstechnischen Anlage auf dem vorgegebenen Niveau zu halten. Dazu gehört unter anderem auch, für den möglichen Ausfall installierter Pumpen Reserven vorzuhalten und ggf. auch Ersatz zu beschaffen.

Wenn in der Anlage Chemienormpumpen im „Extended Flow“ - Fördermengenbereich betrieben werden, muss der Betreiber bei einem Ausfall der Pumpe dies erkennen und entsprechend agieren. Bei Chemienormpumpen die im „Extended Flow“ - Fördermengenbereich betrieben werden, ist in der Regel nur ein Austausch gegen eine identische Pumpe (Hersteller, Typ, Generation, Baugröße, ...) möglich. Wenn in Anlagenteilen, die zu verschiedenen Zeitpunkten errichtet worden sind, Chemienormpumpen mit stark unterschiedlichem NPAI eingesetzt wurden, können hierfür keine gemeinsamen Reservepumpen benutzt werden.

Für Ersatzbeschaffungen oder auch zur Veränderung des Wellenabdichtungssystems wird bei Chemienormpumpen, die im „Extended Flow“ - Fördermengenbereich betrieben werden, der Wettbewerb stark eingeschränkt, da nur Produkte mit vergleichbarem NPAI passen.

Als Ersatz für vorhandene Pumpen mit Hydrauliken entsprechend dem Normraster sind solche mit „Extended Flow“ - Auslegung nicht geeignet:

- Eine Pumpe gleicher mechanischer Baugröße würde in extremer Teillast betrieben werden, mit den Konsequenzen: reduzierte Nullförderhöhe,  $Q_{\min}$ -Problem und steigende Antriebsleistung.
- Eine Pumpe mit passender Förderleistung hätte eine kleinere Baugröße und würde damit den Umbau der Rohrleitung (und den Ersatz auch einer ggf. vorhandenen Reservepumpe) erfordern.

Wenn ein Hersteller seine Baureihen zu größeren NPAI-Werten hin weiterentwickelt, wird sich der Betreiber unter Umständen Alternativen suchen müssen.

Darüber hinaus kann ein Pumpenbetreiber auch in den Prozess eingebunden werden, eine vorhandene verfahrenstechnische Anlage zu optimieren. In derartigen Fällen ist es häufig erforderlich, die Fördermengen und Förderhöhen vorhandener Pumpen entsprechend zu erhöhen. Unter diesen Randbedingungen kann es durchaus von Vorteil sein, Pumpen mit sehr hohen NPAI zu verwenden, um den damit zur Verfügung stehenden großen „Extended Flow“ - Fördermengenbereich nutzen zu können. Unter Umständen können existierende Rohrleitungsanschlüsse dann ohne Änderungen weiterverwendet werden. In einem solchen Fall sollten aber unbedingt die Hinweise aus Kapitel 3.2. bis 3.4. beachtet werden.



### 4.3. Aus dem Blickwinkel eines Poolbetreibers

Die Aufgabe eines Poolbetreibers ist, durch Bevorratung von geeigneten Reservepumpen, die Anlagenverfügbarkeit der durch den Pool abgedeckten verfahrenstechnischen Anlagen sicherzustellen. Im Fall eines Pumpendefektes wird eine geeignete Ersatzpumpe aus dem Pumpenpool eingebaut und übernimmt dann die Produktionsaufgabe der defekten Pumpe. Dadurch ist eine Entkopplung von Ausfallereignis und Instandsetzungsdauer möglich; die Produktionsausfallzeit wird weitestgehend minimiert; die defekte Pumpe kann unter optimalen Bedingungen (Spezialwerkzeuge, Fachpersonal) ohne Zeitdruck in der Fachwerkstatt repariert werden.

Um einen Pumpenpool wirtschaftlich (d.h. unter anderem, mit einem Minimum an gebundenem Kapital) betreiben zu können, muss die Quote der zu bevorratenden Reservepumpen so niedrig wie möglich gehalten werden. Dabei spielen in der europäischen chemischen Industrie die Chemienormpumpen gemäß DIN EN ISO 2858 eine entscheidende Rolle. Derartige Pumpen eröffnen Poolbetreibern die Möglichkeit einer hersteller- und typenübergreifenden Reservepumpenbevorratung. Erfahrungen zeigen, dass bei Einsatz von nichtnormierten einstufigen Kreiselpumpen die Quote der zu bevorratenden Reservepumpen deutlich über 30% liegt, während bei konsequenter Anwendung der DIN EN ISO 2858 eine Verringerung der Quoten auf unter 10% erreicht werden kann. Dies gilt im gleichen Maße für die zu bevorratenden Ersatzteile.

Für die in durch den Pumpenpool abgedeckten verfahrenstechnischen Anlagen vorhandenen Chemienormpumpen sind in der Regel die Kriterien für geeignete Reservepumpen bereits bekannt und katalogisiert (Fabrikat / Baureihe / Baugröße / Drehzahl / Laufraddurchmesser / Abdichtung / etc.). Als zusätzliches Kriterium sollte der Poolbetreiber aber auch noch den jeweiligen NPAI ermitteln. Beim Kauf neuer Poolpumpen bietet diese Kennzahl die Möglichkeit, aus der auf dem Markt verfügbaren Palette an Chemienormpumpenbaureihen, die geeigneten Hersteller / Baureihen vorzuselektieren. Wie bereits in Kapitel 3.4. (erster Unterpunkt) erläutert, dürfte für Chemienormpumpen gleicher Baugröße und Drehzahl, mit nahe beieinander liegendem NPAI, ein Austausch, und damit auch ein Wechsel zu einem anderen Fabrikat, problemlos möglich sein.

Für Ersatzbeschaffungen vorhandener Pumpen früherer Baureihengenerationen kann es notwendig werden, auf andere Fabrikate auszuweichen, um das vorgegebene Förderverhalten sicher zu stellen. Eine Pumpe mit größerem NPAI wäre zwar prinzipiell in der Lage, den Förderbereich der vorhandenen Pumpe abzudecken, würde aber in extremer Teillast betrieben werden, und der Betreiber müsste Maßnahmen gegen die Konsequenzen (reduzierte Nullförderhöhe,  $Q_{\min}$ -Problem und steigende Antriebsleistung) ergreifen. Faktisch bekäme der Betreiber also vom Pool keinen „1-zu-1-Ersatz“.

Hinsichtlich der Einschränkung des verfügbaren Wettbewerbs gelten die Aussagen aus Kapitel 4.2..

Ohne entsprechende Herstellervorselektion sind Szenarien wie in Kapitel 3.4. (zweiter Unterpunkt) die Folge. In solchen Fällen sollten unbedingt auch die Hinweise aus Kapitel 4.2. beachtet werden.

Durch „Extended Flow“ - Nutzung wird die Vielfalt der Spezifikationen, Anzahl der Reservepumpen (inkl. Ersatzteile) und somit die Kapitalbindung vergrößert und gleichzeitig der verfügbare Wettbewerb eingeschränkt.

## 5. Fazit

Die verschiedenen Partner, die in den Lebenszyklus von Chemienormpumpen involviert sind (z.B. Neuanlagenplanung, Betreiber, Poolbetreiber, Instandhaltung, usw.), müssen sich darüber im Klaren sein, dass die eigene Vorgehensweise (Strategie) immer Auswirkungen auf die strategischen Optionen der anderen Beteiligten hat. Deshalb sollten die verschiedenen Beteiligten ihre jeweiligen Strategien im Vorfeld diskutieren und aufeinander abstimmen.

Nur wenn eine derartige Abstimmung getroffen wird, und danach die vereinbarte Vorgehensweise von allen Beteiligten auch für eine hinreichend lange Zeitspanne beibehalten wird, können die Einsparpotenziale, die Chemienormpumpen bieten, auch wirklich genutzt werden.

## Gesetzliche Grundlagen und Verweise

- |                          |  |
|--------------------------|--|
| DIN EN ISO 2858:2011-12  | Kreiselpumpen mit axialem Eintritt (PN16) – Bezeichnung, Nennleistung und Abmessungen  |
| DIN EN ISO 5199:2003-12  | Technische Anforderungen an Kreiselpumpen, Klasse II   |
| DIN EN ISO 15783:2004-07 | Wellendichtungslose Kreiselpumpen – Klasse II – Technische Anforderungen   |
| DIN EN 10253-1           | Formstücke zum Einschweißen - Teil 1: Unlegierter Stahl für allgemeine Anwendungen und ohne besondere Prüfanforderungen; Deutsche Fassung der EN 10253-1:1999                          |
| DIN EN 10253-2           | Formstücke zum Einschweißen - Teil 2: Unlegierte und legierte ferritische Stähle mit besonderen Prüfanforderungen; Deutsche Fassung der EN 10253-2:2007                                |
| DIN EN 10253-3           | Formstücke zum Einschweißen - Teil 3: Nichtrostende austenitische und austenitisch-ferritische (Duplex-) Stähle ohne besondere Prüfanforderungen; Deutsche Fassung der EN 10253-3:2008 |

## Anhang A

### **Ermittlung der Baugröße durch DIN EN ISO 2858 Baugrößenkennfelder**

Um den baugrößen- und drehzahlspezifischen hydraulischen Nutzungsbereich von DIN EN ISO 2858 Chemienormpumpen zu begrenzen, können die in der Norm vorgegebenen Nennleistungspunkte ( $Q_{iso}$ ,  $H_{iso}$ ) dazu genutzt werden, baugrößen- und drehzahlspezifische Kennfelder zu definieren.

Die Eckpunkte dieser Kennfelder sind so gesetzt, dass die hydraulische Nutzung einer konkreten Baugröße auf einen sinnvollen Bereich um den Normnennleistungspunkt herum begrenzt wird. Der rechte obere Eckpunkt wird bestimmt aus der jeweiligen Grenz-Durchflussmenge (siehe Kapitel 2.3.) und der zugehörigen Normnennförderhöhe.

Unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen ist ein Excel-Berechnungsblatt erstellt worden, das bei Eingabe eines Auslegungspunktes ( $Q$  in  $m^3/h$  und  $H$  in mFs) automatisch ermittelt, welche Normbaugrößen für den Auslegungspunkt eingesetzt werden können.

Dieses Excel-Berechnungsblatt ist für die allgemeine Nutzung freigegeben, sodass jeder Anwender es kostenfrei nutzen kann, der derart die Baugrößenauswahl der Hersteller für einen gegebenen Anwendungsfall „steuern“ will.

Es ist zu empfehlen, in der Anfrage oder in den einer Anfrage beigefügten technischen Vorgaben die Pumpenhersteller darauf hinzuweisen, die Vorgaben aus dem Excel-Berechnungsblatt bei ihrer Baugrößenauswahl zu berücksichtigen.

Bei Anwendung dieses Excel-Berechnungsblattes ist sichergestellt, dass alle Pumpenhersteller für einen Anwendungsfall die gleiche Baugröße anbieten und somit die Angebote direkt vergleichbar sind.

Falls in Einzelfällen, wegen zusätzlicher technischer Randbedingungen (wie z.B. niedrige NPSHA-Werte) keine geeigneten Baugrößen unter Berücksichtigung der vorgegebenen Kennfeldgrenzen gefunden werden, dann können, entgegen der Vorgabe des Excel-Berechnungsblattes, die linken Grenzen der Kennfelder bis zu den herstellerspezifisch zulässigen baugrößen- und drehzahlabhängigen Mindestmengen für Dauerbetrieb verschoben werden.

Anhang A zu Leitfaden Nr. 03

**Kreiselpumpenaggregate**  
Leitfaden zur DIN EN ISO 2858

Arbeitskreis  
Pumpen in der Chemie

ISO-Baugröße	Innerhalb des ISO-Kennfeldes 1450 min <sup>-1</sup>		ISO-Baugröße	Innerhalb des ISO-Kennfeldes 1450 min <sup>-1</sup>		ISO-Baugröße	Innerhalb des ISO-Kennfeldes 2900 min <sup>-1</sup>		ISO-Baugröße	Innerhalb des ISO-Kennfeldes 2900 min <sup>-1</sup>	
40 - 25 - 160	NEIN	R01	100 - 65 - 315	JA	R21	40 - 25 - 160	NEIN	R39	100 - 65 - 315	NEIN	R59
40 - 25 - 200	NEIN	R02	125 - 80 - 160	NEIN	R22	40 - 25 - 200	NEIN	R40	125 - 80 - 160	NEIN	R60
50 - 32 - 125	NEIN	R03	125 - 80 - 200	NEIN	R23	50 - 32 - 125	NEIN	R41	125 - 80 - 200	NEIN	R61
50 - 32 - 160	NEIN	R04	125 - 80 - 250	NEIN	R24	50 - 32 - 160	NEIN	R42	125 - 80 - 250	NEIN	R62
50 - 32 - 200	NEIN	R05	125 - 80 - 315	NEIN	R25	50 - 32 - 200	NEIN	R43	125 - 80 - 315	NEIN	R63
50 - 32 - 250	NEIN	R06	125 - 80 - 400	NEIN	R26	50 - 32 - 250	NEIN	R44	125 - 100 - 160	NEIN	R64
65 - 40 - 125	NEIN	R07	125 - 100 - 160	NEIN	R27	65 - 40 - 125	NEIN	R45	125 - 100 - 200	NEIN	R65
65 - 40 - 160	NEIN	R08	125 - 100 - 200	NEIN	R28	65 - 40 - 160	JA	R46	125 - 100 - 250	NEIN	R66
65 - 40 - 200	NEIN	R09	125 - 100 - 250	NEIN	R29	65 - 40 - 200	NEIN	R47	125 - 100 - 315	NEIN	R67
65 - 40 - 250	NEIN	R10	125 - 100 - 315	NEIN	R30	65 - 40 - 250	NEIN	R48	150 - 125 - 200	NEIN	R68
65 - 40 - 315	NEIN	R11	125 - 100 - 400	NEIN	R31	65 - 40 - 315	NEIN	R49			
80 - 50 - 125	NEIN	R12	150 - 125 - 200	NEIN	R32	80 - 50 - 125	NEIN	R50			
80 - 50 - 160	NEIN	R13	150 - 125 - 250	NEIN	R33	80 - 50 - 160	JA	R51			
80 - 50 - 200	NEIN	R14	150 - 125 - 315	NEIN	R34	80 - 50 - 200	NEIN	R52			
80 - 50 - 250	NEIN	R15	150 - 125 - 400	NEIN	R35	80 - 50 - 250	NEIN	R53			
80 - 50 - 315	JA	R16	200 - 150 - 250	NEIN	R36	80 - 50 - 315	NEIN	R54			
100 - 65 - 125	NEIN	R17	200 - 150 - 315	NEIN	R37	100 - 65 - 125	NEIN	R55			
100 - 65 - 160	NEIN	R18	200 - 150 - 400	NEIN	R38	100 - 65 - 160	NEIN	R56			
100 - 65 - 200	NEIN	R19				100 - 65 - 200	NEIN	R57			
100 - 65 - 250	NEIN	R20				100 - 65 - 250	NEIN	R58			

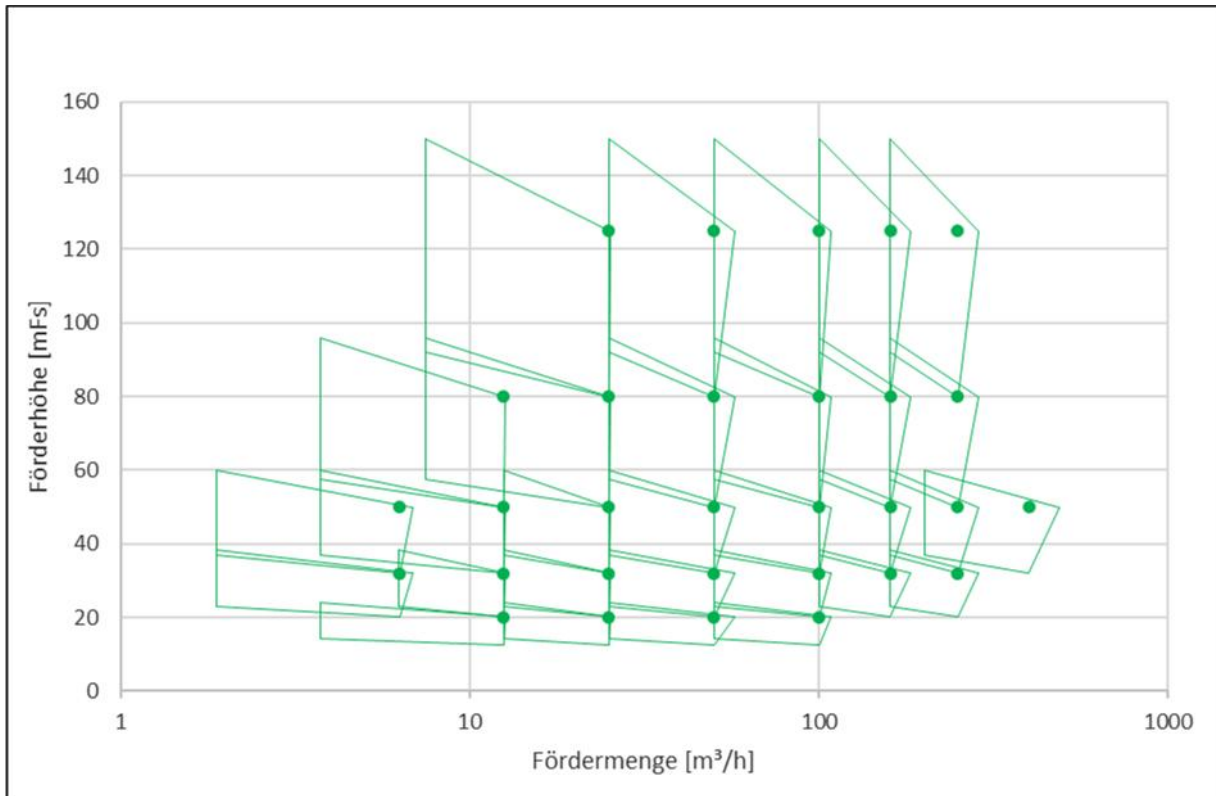
**Auslegungspunkt**

Q [m<sup>3</sup>/h] 25

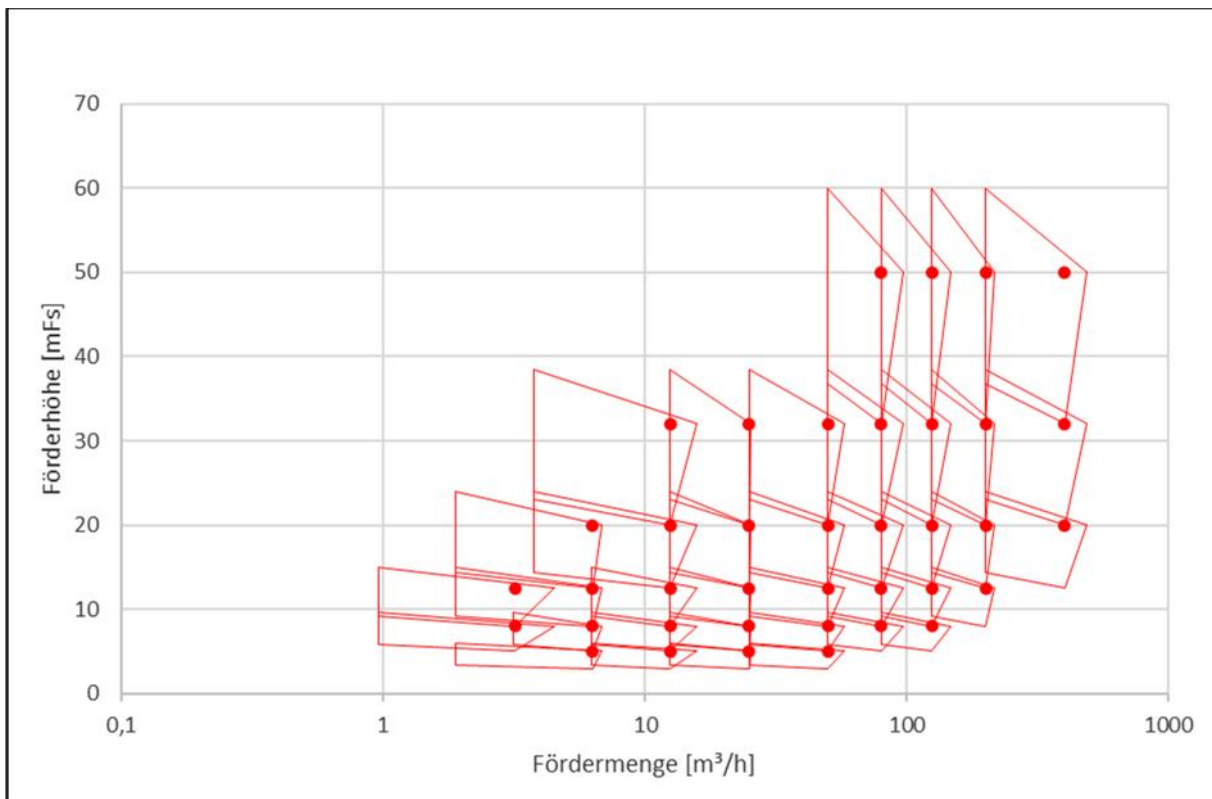
H [mF<sub>s</sub>] 30

Kennfeld-Übersicht    Kennfeld-Grenzwert    Urheber-Hinweis

Arbeitskreis Pumpen i.d.C.      Excel-Berechnungsblatt gemäß Anhang A des PIC-LF03      Stand: 2017-06-19



**Bild 6:** DIN EN ISO 2858 Baugrößenkennfelder; Drehzahl 2900 min<sup>-1</sup>



**Bild 7:** DIN EN ISO 2858 Baugrößenkennfelder; Drehzahl 1450 min<sup>-1</sup>

## Änderungen

Erstausgabe VCI 08 – 2020