

DredgerControl

Benutzerhandbuch

Drehzahl-Regelung

Teil 03

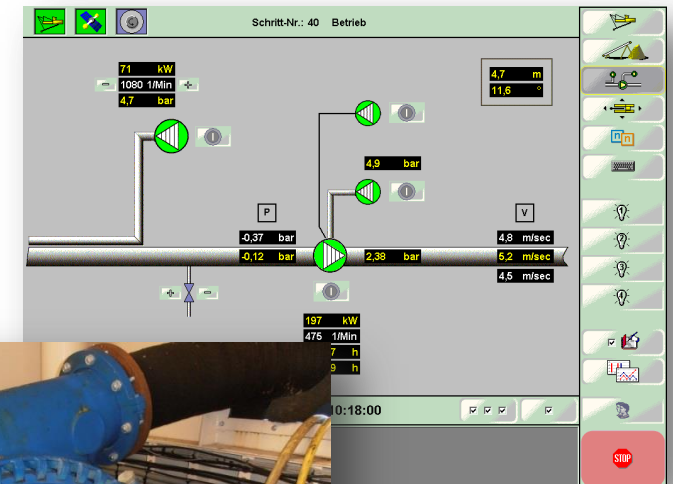
Software-Stand: DC V21.48

Version: 2-2-4

Stand: 7. Februar 2017

Quelle

Y:\DredgerControl\E1030.DredgerControl\Dokumentation\Technische Handbücher\0
Benutzerhandbuch\DE\Benutzerhandbuch DC Teil 03 - Drehzahl-Regelung v2-2-4
DE.docx



Inhalt

1	Allgemeine Erklärungen.....	3
2	Drehzahlregelung der Sandpumpe.....	4
2.1	Drehzahlsteuerung.....	4
2.2	Fließgeschwindigkeitsregelung	5
2.3	Betrieb des Fließgeschwindigkeitsreglers	6
2.4	Funktionsbeschreibung.....	7
2.5	Einsturzerkennung – Min. Fließgeschwindigkeit.....	8
2.6	Adaptive Fließgeschwindigkeitsregelung	13
3	Parameter	15

1 Allgemeine Erklärungen

Symbole neben den Texten

- Dieser Punkt ist informativ
 - Meldungen mit dem Text...

- Dabei ist zu beachten...
 - Beispiel: Parameter A > Parameter B

- Hier muss man handeln
 - Beispiel: Aufnahme der Wasserkennlinie



2 Drehzahlregelung der Sandpumpe

Die **Drehzahlregelung** der Sandpumpe kann nach verschiedenen Verfahren erfolgen. Sie wird im Wesentlichen auch von der Ausstattung des Saugbaggers bestimmt.

Der Betrieb mit einer festen Drehzahl – also der **Drehzahlsteuerung** – ist möglich, aber normalerweise nicht sinnvoll, da dann in der Regel immer mit zu viel Wasser gefördert wird.

Sofern ein Fließgeschwindigkeitssensor vorhanden ist, ist die direkte Fließgeschwindigkeitsregelung die einfachste Methode für einen wirtschaftlichen Arbeitspunkt.

Je nach Material und Sensor kommt es allerdings auch zu Fehlbeurteilungen der Materialgeschwindigkeit.

Um im Falle der Fehlbeurteilung der Materialgeschwindigkeit die Verstopfung des Druckrohres zu vermeiden kann die **Pressdrucküberwachung** eingesetzt werden. Diese Überwachung registriert unabhängig von der **Fließgeschwindigkeitsüberwachung** den Druckanstieg im Druckrohr bei zunehmender Materialablagerung.

Die **Drehmomentregelung** kann eingesetzt werden, wenn kein Fließgeschwindigkeitssensor vorhanden ist. Der Vorteil dieser Regelung liegt darin, dass man durch die Adaption auf die Pumpe dem optimalen Ar-

beitspunkt am nächsten kommt. Der Nachteil ist allerdings, dass dieser Regler genau eingestellt werden muss, dies aber recht schwierig ist. Außerdem muss der Regler bei starken Materialschwankungen angepasst werden.

2.1 Drehzahlsteuerung

Bei der Drehzahlsteuerung wird eine feste Drehzahl eingestellt, mit der die Sandpumpe dann betrieben wird.

Bei der Einstellung der Drehzahl ist auf ausreichende Reserve für die Fließgeschwindigkeit zu achten.

Es ist möglich die feste Drehzahlvorgabe mit der Pressdrucküberwachung zu kombinieren.

Damit kann eine ausreichende Sicherheit in Bezug auf die Verstopfungsgefahr des Druckrohres erreicht werden.

2.2 Fließgeschwindigkeitsregelung

Bei der Fließgeschwindigkeitsregelung wird die Strömungsgeschwindigkeit hinter der Sandpumpe mit einem speziellen Sensor erfasst.

Sensoren nach dem Ultraschall-Doppler-Verfahren liefern in der Regel auch bei gemischtem Material recht brauchbare Ergebnisse.

Wenn sich fast reines Wasser in der Druckleitung befindet, so wird die gemessene Geschwindigkeit in der Regel höher sein als die wirkliche Geschwindigkeit im Druckrohr.

Dies kommt der Regelung im Sinne eines optimalen Energieverbrauches positiv entgegen, da damit automatisch die Sandpumpendrehzahl überproportional reduziert wird, wenn sich nur noch wenig Material im Gemisch befindet.

Für Materialtransport mit einem Kiesanteil von 15 – 30 Prozent benötigt man in der Regel eine Geschwindigkeit von ca. 4,5 m/s.

Für höhere Kiesanteile bei langen Rohrleitungen wird eine höhere Geschwindigkeit benötigt.

Für Sand mit hohem Feinanteil reicht teilweise eine Geschwindigkeit von 2,8 bis 3 m/s aus.

Die Parameter für die Fließgeschwindigkeit können über die Parametereinstellung oder über das Balkendiagramm in der Arbeitspunkteinstellung verändert werden.

Für den Regler wird ein Geschwindigkeitsband angegeben. Der Regler versucht die Fließgeschwindigkeit in der Mitte zwischen den beiden Werten zu halten.

Wenn die Fließgeschwindigkeit einen kritischen Wert unterschreitet, dann reagiert der Bagger wie bei der Einsturzerkennung der Vakuumregelung. Es erfolgt auch eine entsprechende Meldung. Die Einsturzerkennung wird beendet, wenn ein eingestellter Wert der Fließgeschwindigkeit überschritten wird, der höher liegt als der Auslösewert.

Im Balkendiagramm wird auch die aktuelle Fließgeschwindigkeit angezeigt.

2.3 Betrieb des Fließgeschwindigkeitsreglers

Ist der Fließgeschwindigkeitsreglers (v-Regler) einschaltbereit, kann er mit der Schaltfläche im unteren Bereich der Visualisierung ein- und ausgeschaltet werden.

Der Fließgeschwindigkeitsregler ist nicht einschaltbereit.



Der Fließgeschwindigkeitsregler ist einschaltbereit.



Der Fließgeschwindigkeitsregler ist eingeschaltet.



Das **V-Symbol** des Reglers zeigt den Status des Reglers an.

Der Fließgeschwindigkeitsregler ist ausgeschaltet.



Der Fließgeschwindigkeitsregler ist eingeschaltet und aktiv.



Der Fließgeschwindigkeitsregler ist im Standby-Betrieb.



Ist der Regler aktiv, wird die Drehzahl der Sandpumpe abhängig von der Fließgeschwindigkeit verändert. Im Standby-Betrieb ist der Regler wegen eines besonderen Prozessschrittes kurzzeitig im Ruhezustand. Sobald sich die Situation wieder normalisiert hat, wird der Regler automatisch wieder aktiv.

Schritt-Nr.: 40 Betrieb

Saugrohr		Leiter	
15,5	m	5,4	m
57,7	°	16,2	°

73 kW
- 2900 1/Min +
9,8 bar

7,8 bar

-0,72 bar
-0,72 bar

0,00 bar


4,60 m/sec
4,38 m/sec
4,20 m/sec

292 kW
- 582 1/Min +
3,5 h
3,4 h

18:02:26

STOP

2.4 Funktionsbeschreibung

Der Fließgeschwindigkeitssollwert ist der Mittelwert zwischen der minimalen und maximalen Fließgeschwindigkeit: **A2.2 < A2.3** 

A2.2 Fließgeschwindigkeit Sollwert minimal [m/s]
Minimal zulässige Fließgeschwindigkeit.

A2.3 Fließgeschwindigkeit Sollwert maximal [m/s]
Maximal zulässige Fließgeschwindigkeit.

Die Drehzahlvorgabe während der Regelung bewegt sich zwischen dem Minimal- und Maximalwert. Dabei ist darauf zu achten, dass

A2.4 < A 2.1 < A2.5 

sind.

A2.1 Sandpumpen-Startwert [U/Min]
Drehzahl bei ausgeschalteter Fließgeschwindigkeitsregelung.

A2.4 Sandpumpen-Drehzahl minimal

A2.5 Sandpumpen-Drehzahl maximal

Ein positiver Parameter gibt den Drehzahlschritt vor, ein negativer Parameter die Verstärkung.

A2.8 Sandpumpe Drehzahlregler

<0 z.B. -100: Verstärkung [U/Min pro m/sek])

>0 z.B. 10: Drehzahl-Schritt [U/Min] Sägezahnsteuerung

Ist während dieser Zeit der Vakuum-Istwert kleiner als der Vakuum-Hysteresewert, wird kein Material gefördert und die Sandpumpendrehzahl wird auf den Min.-Wert gestellt.

S6.4 Verzögerung Sandpumpen-Drehzahl auf Min. [sec]

Die Regelung bleibt aktiv. Steigt der Vakuum-Istwert an, arbeitet der Regler weiter.

Fällt die Geschwindigkeit unter die Untergrenze wird der **Schritt Einsturz** eingeleitet. Nach Überschreiten der Hystereseschwelle wird die Vakuumregelung wieder aktiv.

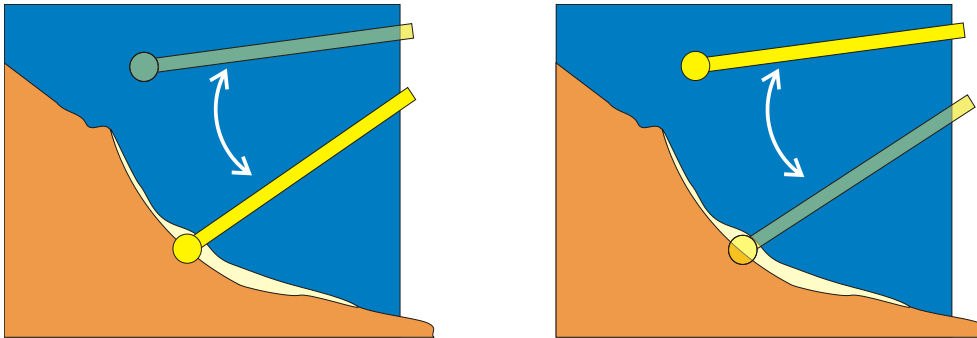
S70.1 Fließgeschwindigkeit Untergrenze-Erkennung [m/s]

S70.2 Fließgeschwindigkeit Untergrenze-Hysterese [m/s]

S70.3 Fließgeschwindigkeit – Toter Bereich des Analogensors [m/s]

Je nach Sensor-Typ kann es sein, dass beim Pumpen von nahezu reinem Wasser keine sinnvolle Fließgeschwindigkeit mehr gemessen werden kann. Für diesen Fall kann eine absolute Untergrenze definiert werden, die den oben beschriebenen Spülvorgang **Schritt Einsturz** beendet.

2.5 Einsturzerkennung – Min. Fließgeschwindigkeit



Wird die Fließgeschwindigkeitsuntergrenze für eine Zeit länger als 5 Sekunden erreicht, springt das Steuerungssystem in den **Schritt Einsturz** und die Druckrohrleitung wird gespült. Erholt sich das System wieder und die Untergrenze-Hysterese wird erreicht, wird nach dem Spülvorgang der Saugbetrieb wieder aufgenommen.

Deaktivierung: Wenn die Fließgeschwindigkeitsuntergrenze gleich oder größer der Untergrenze-Hysterese eingestellt ist, wird beim Erreichen der Fließgeschwindigkeitsuntergrenze kein Übergang in den Schritt Einsturz ausgelöst.

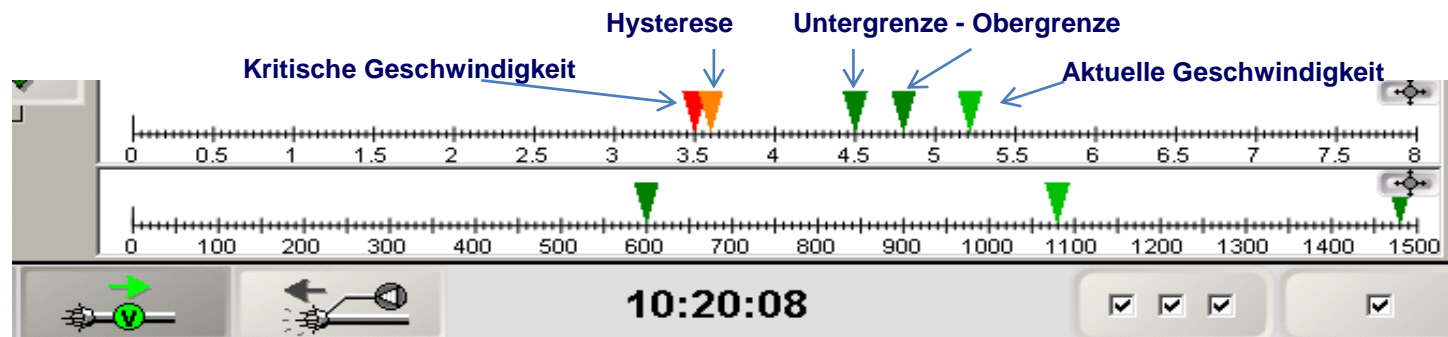
Parameter - Überwachung der Fließgeschwindigkeit

S70.1 Fließgeschwindigkeit Untergrenze-Erkennung [m/s]

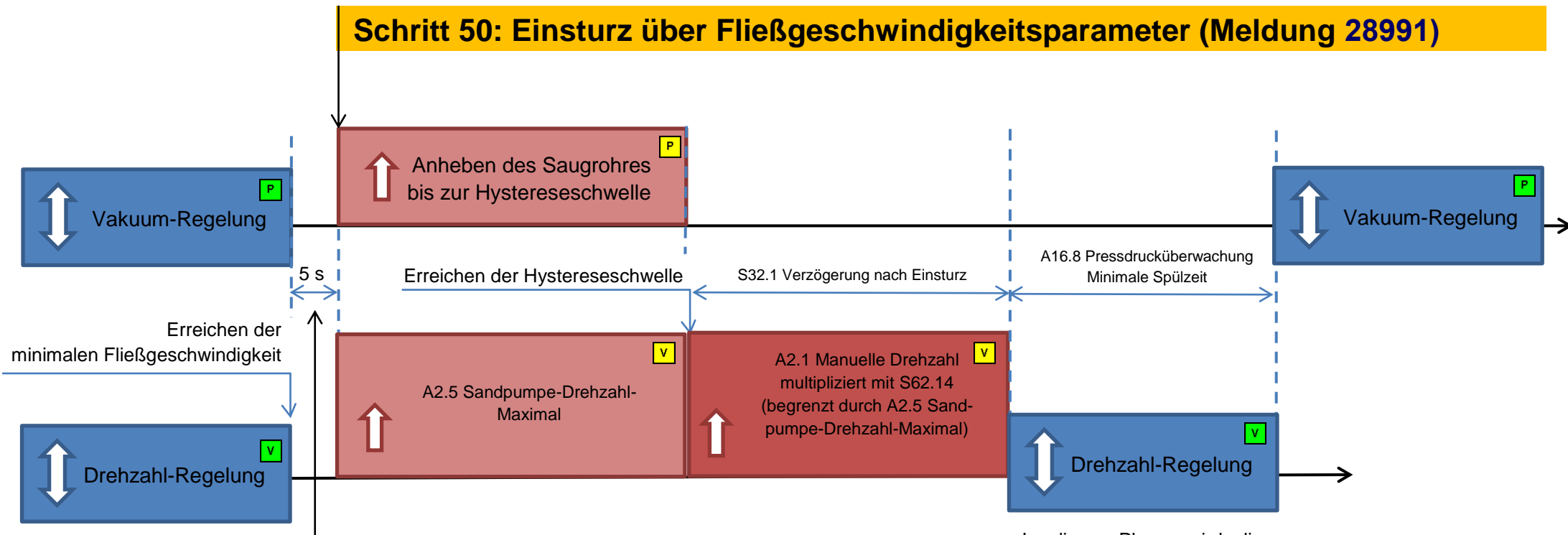
S70.2 Fließgeschwindigkeit Untergrenze-Hysterese [m/s]

S70.3 Fließgeschwindigkeit – Toter Bereich des Analogsensors [m/s]

Je nach Sensor-Typ kann es sein, dass beim Pumpen von nahezu reinem Wasser keine sinnvolle Fließgeschwindigkeit mehr gemessen werden kann. Das Messsignal fällt in diesem Fall auf Null oder einen festen Wert in der Nähe von Null. Für diesen Fall kann eine absolute Untergrenze definiert werden, die den oben beschriebenen Spülvorgang „**Einsturz**“ beendet.



Schritt 50: Einsturz über Fließgeschwindigkeitsparameter (Meldung 28991)



Wird die Fließgeschwindigkeitsuntergrenze für eine Zeit länger als 5s erreicht, springt das Steuerungssystem in den Schritt **Einsturz**.

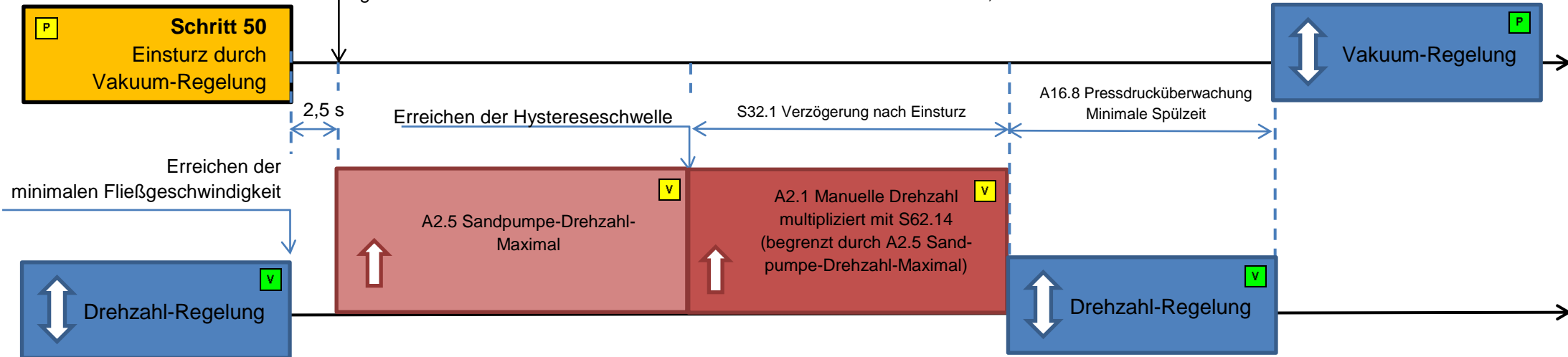
In dieser Phase wird die Sandpumpendrehzahl auf die Drehzahl des Drehzahlreglers gesetzt, dann wird abgewartet, bis der Übergangsprozess abgeschlossen ist.

Je nach Anlagensituation können die Zeiten S32.1 und A16.8 sowie die zugehörigen Drehzahlen variiert werden.

Timing-Diagramm beim Einsturz durch minimale Fließgeschwindigkeit S70.1

Schritt 50: Einsturz über Fließgeschwindigkeitsparameter (Meldung 28991)

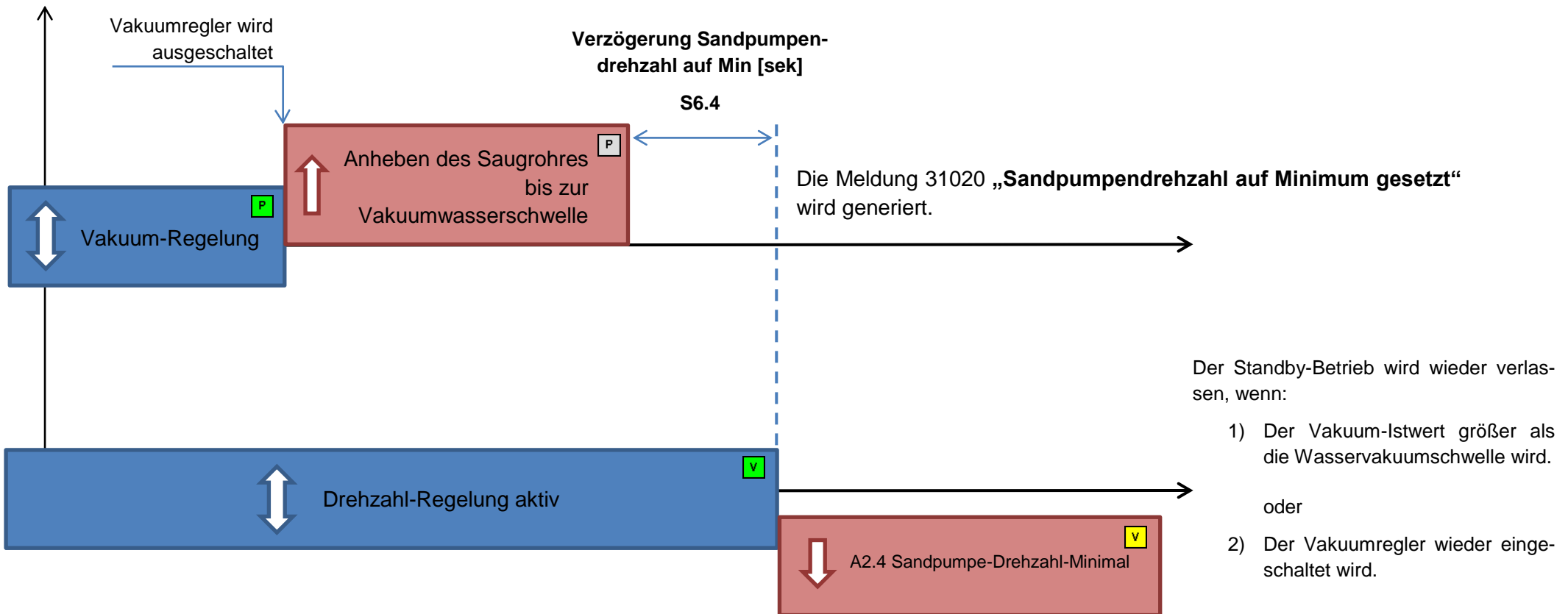
Die Verzögerungszeit zum Auslösen der Einsturzreaktion bei Erreichen der minimalen Fließgeschwindigkeit wird von 5 Sekunden bei einem anstehenden Vakuum-Einsturz auf 2,5 Sekunden reduziert.



In dieser Phase wird die Sandpumpendrehzahl auf die Drehzahl des Drehzahlreglers gesetzt, dann wird abgewartet, bis der Übergangsprozess abgeschlossen ist.

Je nach Anlagensituation können die Zeiten S32.1 und A16.8 sowie die zugehörigen Drehzahlen variiert werden.

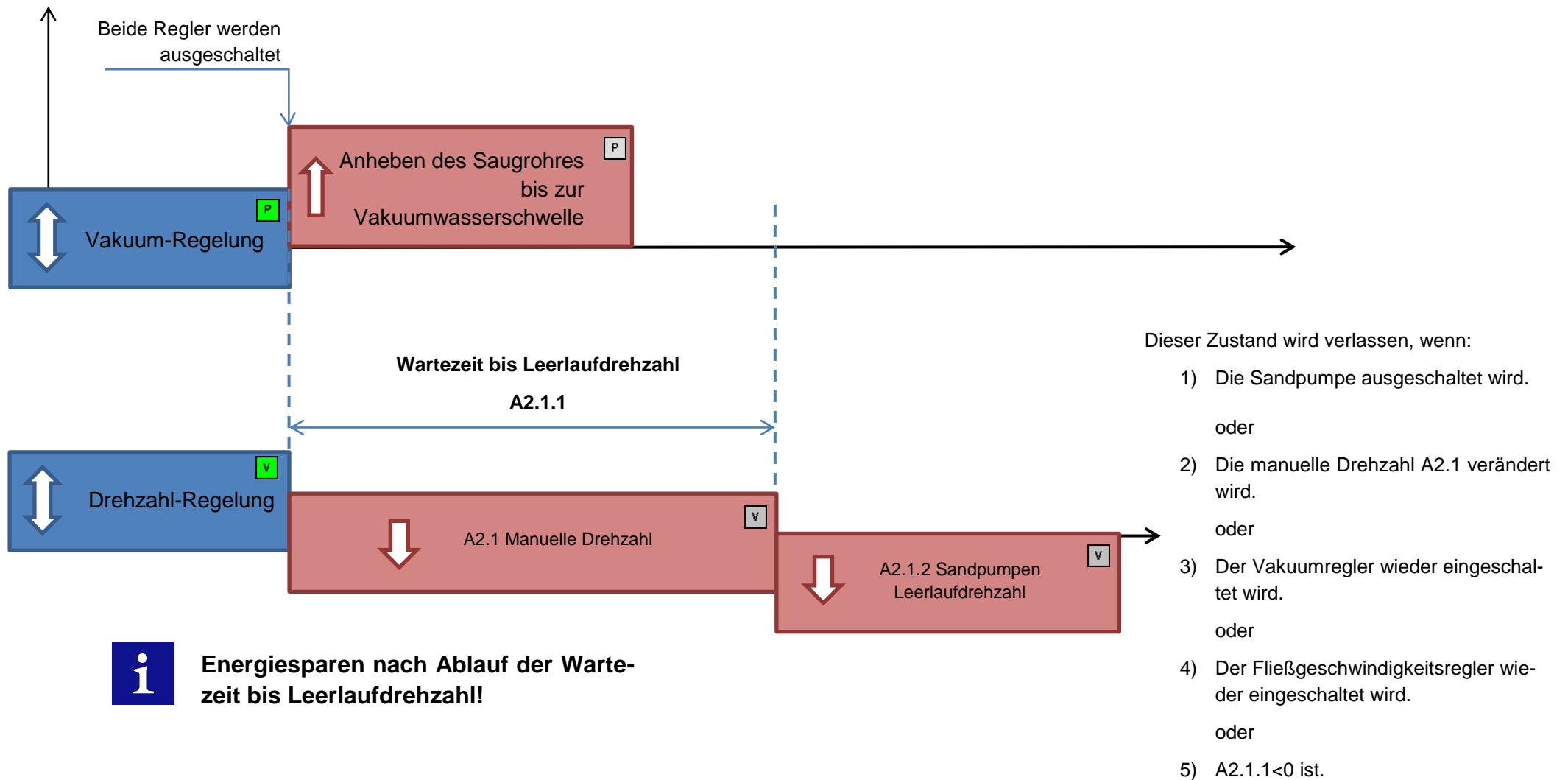
Timing-Diagramm beim Einsturz durch minimale Fließgeschwindigkeit nach einem Vakuum-Einsturz



Energiesparen nach Erreichen der Vakuumpumpe-Schwelle!

Hinweis: Wird der Fließgeschwindigkeitsregler kurz aus- und wieder eingeschaltet wird, wird der Timer (S6.4) neu gestartet.

Timing-Diagramm beim Ausschalten des Vakuumpumpe-Reglers



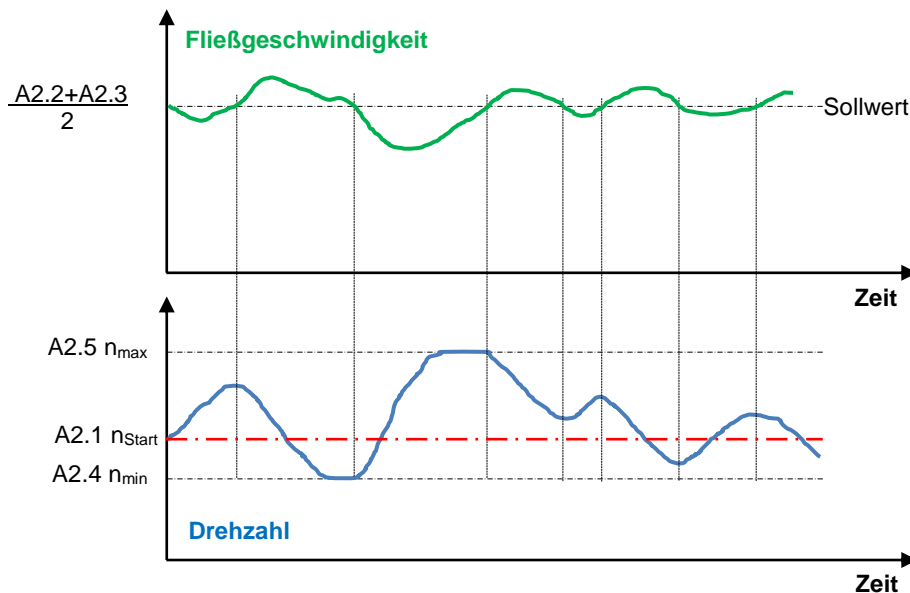
Energiesparen nach Ablauf der Wartezeit bis Leerlaufdrehzahl!

Timing-Diagramm beim Ausschalten der Vakuump- und Fließgeschwindigkeitsregler

2.6 Adaptive Fließgeschwindigkeitsregelung

Die Fließgeschwindigkeitsregelung kann mit und ohne adaptiven Anteil parametrisiert werden.

Ohne adaptiven Anteil wird die Pumpendrehzahl auf einen konstanten Vorgabewert (A2.1) gesetzt und in Abhängigkeit von der Regelabweichung der Fließgeschwindigkeit nach oben oder unten korrigiert.

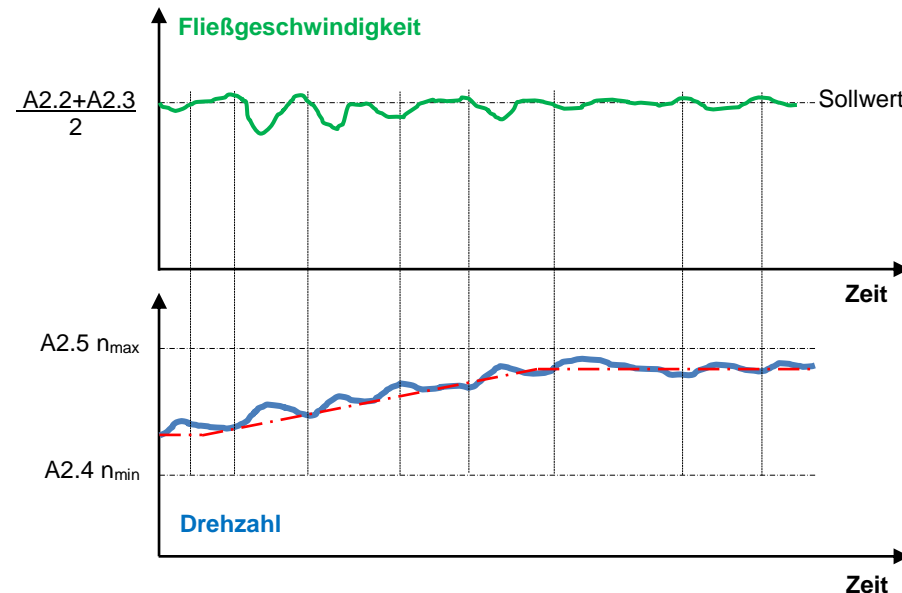


Wichtig ist dabei, dass der Drehzahl-Vorgabewert (A2.1) ein sinnvoller Startwert ist und die Drehzahl um diesen Vorgabewert pendeln kann. Liegt der Vorgabewert zu weit vom Arbeitspunkt entfernt, kann die Fließgeschwindigkeit den Sollwert nicht erreichen (bleibende Regelabweichung).

Die Geschwindigkeit liegt dann dauerhaft unter- oder oberhalb des Sollwerts.

Ist das Material an der Abbauposition sehr inhomogen, ist eine Regler-Strategie mit adaptivem Anteil sinnvoll.

Verändert sich der Materialfluss aufgrund von Materialveränderung an der Abbauposition, so wird die Drehzahlvorgabe mittelfristig angepasst und der Regler „adaptiert“ sich auf die neuen Verhältnisse.



- A2.2 Fließgeschwindigkeit Sollwert minimal [m/s]
Minimal zulässige Fließgeschwindigkeit.
- A2.3 Fließgeschwindigkeit Sollwert maximal [m/s]
Maximal zulässige Fließgeschwindigkeit.
- A2.1 Sandpumpen-Startwert [U/Min]
Drehzahl bei ausgeschalteter Fließgeschwindigkeitsregelung
oder Startwert bei eingeschaltetem Regler **ohne adaptiven Anteil**.
- A2.4 Sandpumpen-Drehzahl minimal
- A2.5 Sandpumpen-Drehzahl maximal

Aktivierung und Parametrierung des adaptiven Reglers:

S6.1.4 Verstärkungsfaktor des adaptiven Reglers K_P

Werkseinstellung:	S6.1.4 = 80
$60 < K_P < 100$	sinnvoller Wertebereich
$10 < K_P < 1000$	theoretischer Wertebereich



Warnung: Wenn der Regler zu langsam auf Änderungen der Fließgeschwindigkeit reagiert, ist der K_P -Wert zu klein gewählt. Der K_P -Wert darf jedoch nicht so hoch gewählt werden, dass der Regler instabil wird (d.h., die Drehzahlvorgabe und/oder die Fließgeschwindigkeit beginnen zu schwingen).

- S6.1.1 Drehzahl-Tiefpass in Sekunden [s]
Werkseinstellung: **S6.1.1 = 30 s**
 $30 < S6.1.1 < 3600$ sinnvoller Wertebereich

Der Drehzahl-Tiefpass muss wesentlich langsamer sein, als die Reaktionszeit der Pumpe.

- S6.1.2 Fließgeschwindigkeits-Tiefpass in Sekunden [s]
Werkseinstellung: **S6.1.1 = 30 s**
 $30 < S6.1.2 < 3600$ sinnvoller Wertebereich

Der Fließgeschwindigkeits-Tiefpass muss wesentlich langsamer sein, als die Reaktionszeit der Pumpe.



Wird einer der beiden Parameter (S6.1.1 oder S6.1.2) kleiner oder gleich Null gesetzt, wird der **adaptive Teil** des Reglers **deaktiviert**.

Hinweis: Die Reaktionszeit der Pumpe ist die Zeit, die benötigt wird, um eine Fließgeschwindigkeitsveränderung nach Änderung der Pumpendrehzahl hervorzurufen.



Warnung: Ein zu klein gewählter Wert für S6.1.1 oder S6.1.2 (<30 s) kann zu instabilem Verhalten führen (d.h., die Drehzahlvorgabe und/oder die Fließgeschwindigkeit beginnen zu schwingen).



Die **Parameter S6.1.3, S6.1.5, S6.1.6, S6.1.7, S6.1.8 und S6.1.9** dürfen nicht verändert werden.

3 Parameter

- A2.1 Sandpumpen-Startwert [U/Min]
Drehzahl bei ausgeschalteter Fließgeschwindigkeitsregelung.
- A2.1.1 Sandpumpen - Leerlaufdrehzahl [U/Min]
- A2.1.2 Sandpumpen - Wartezeit bis Leerlaufdrehzahl [s]
Nach dem Ausschalten der Drehzahlregelung wird die Drehzahl auf die Manuelle Drehzahl A2.1 gesetzt. Ist die Wartezeit $A2.1.1 > 0$ wird nach Ablauf dieser Zeit die Drehzahl auf die Leerlaufdrehzahl A2.1.1 gesetzt.
- A2.2 Fließgeschwindigkeit Sollwert minimal [m/s]
Minimal zulässige Fließgeschwindigkeit.
- A2.3 Fließgeschwindigkeit Sollwert maximal [m/s]
Maximal zulässige Fließgeschwindigkeit.
- A2.4 Sandpumpen-Drehzahl minimal
Minimal zulässige Drehzahl.
- A2.5 Sandpumpen-Drehzahl maximal
Maximal zulässige Drehzahl.
- A2.8 Sandpumpe Drehzahlregler
<0 z.B. -100: Verstärkung [U/Min pro m/sek])
>0 z.B. 10: Drehzahl-Schritt [U/Min] Sägezahnsteuerung

- S6.1.4 Verstärkungsfaktor des adaptiven Reglers K_P
Werkseinstellung: **S6.1.4 = 80**
 $60 < K_P < 100$ sinnvoller Wertebereich
 $10 < K_P < 1000$ theoretischer Wertebereich



Warnung: Wenn der Regler zu langsam auf Änderungen der Fließgeschwindigkeit reagiert, ist der K_P -Wert zu klein gewählt. Der K_P -Wert darf jedoch nicht so hoch gewählt werden, dass der Regler instabil wird (d.h., die Drehzahlvorgabe und/oder die Fließgeschwindigkeit beginnen zu schwingen).

- S6.1.1 Drehzahl-Tiefpass in Sekunden [s]
Werkseinstellung: **S6.1.1 = 30 s**
 $30 < S6.1.1 < 3600$ sinnvoller Wertebereich

Der Drehzahl-Tiefpass muss wesentlich langsamer sein, als die Reaktionszeit der Pumpe.

- S6.1.2 Fließgeschwindigkeits-Tiefpass in Sekunden [s]
Werkseinstellung: **S6.1.1 = 30 s**
 $30 < S6.1.2 < 3600$ sinnvoller Wertebereich

Der Fließgeschwindigkeits-Tiefpass muss wesentlich langsamer sein, als die Reaktionszeit der Pumpe.



Wird einer der beiden Parameter (S6.1.1 oder S6.1.2) kleiner oder gleich Null gesetzt, wird der **adaptive Teil** des Reglers **deaktiviert**.

Hinweis: Die Reaktionszeit der Pumpe ist die Zeit, die benötigt wird, um eine Fließgeschwindigkeitsveränderung nach Änderung der Pumpendrehzahl hervorzurufen.



Warnung: Ein zu klein gewählter Wert für S6.1.1 oder 6.1.2 (<30 s) kann zu instabilem Verhalten führen (d.h., die Drehzahlvorgabe und/oder die Fließgeschwindigkeit beginnen zu schwingen).



Die **Parameter S6.1.3, S6.1.5, S6.1.6, S6.1.7, S6.1.8 und S6.1.9** dürfen nicht verändert werden.

S70.1 Fließgeschwindigkeit Untergrenze-Erkennung [m/s]

S70.2 Fließgeschwindigkeit Untergrenze-Hysterese [m/s]

Wird die Fließgeschwindigkeitsuntergrenze für eine Zeit länger als 5 Sekunden erreicht, springt das Steuerungssystem in den **Schritt Einsturz** und die Druckrohrleitung wird gespült. Erholt sich das System wieder und die Untergrenze-Hysterese wird erreicht, wird nach dem Spülvorgang der Saugbetrieb wieder aufgenommen.

S70.3 Fließgeschwindigkeit – Toter Bereich des Analogensors [m/s]

Je nach Sensor-Typ kann es sein, dass beim Pumpen von nahezu reinem Wasser keine sinnvolle Fließgeschwindigkeit mehr gemessen werden kann. Das Messsignal fällt in diesem Fall auf Null oder einen festen Wert in der Nähe von Null. Für diesen Fall kann eine absolute Untergrenze definiert werden, die den oben beschriebenen Spülvorgang „**Einsturz**“ beendet.