



HOCHSCHULE MERSEBURG & ALBERDINGK BOLEY LEUNA GMBH

FACHBEREICH INGENIEUR- UND NATURWISSENSCHAFTEN

Bachelorarbeit

ZUR ERLANGUNG DES AKADEMISCHEN GRADES
BACHELOR OF ENGINEERING (B. ENG.)

Thema:

Förderung eines hochviskosen Verdickermittels

eingereicht von:

Roman-Luca Zank

Betreuer: Prof. Dr. nat. techn. Ulf Schubert
Stefan Münch, B.A.

Kontakt: romanzank@mail.de

Merseburg, 31.01.2022

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Zielsetzung und Abgrenzung der Aufgabenstellung	6
2.1	Zielsetzung der Aufgabenstellung	6
2.2	Abgrenzung der Aufgabenstellung	6
3	Theoretische Grundlagen	7
3.1	Verdickungsmittel	7
3.2	Charakterisierung des Dosierstroms	8
3.3	Dosierpumpen	12
3.3.1	oszillierende Verdrängerpumpen	12
3.3.2	rotierende Verdrängerpumpen	12
3.4	Bestimmung des Dosierstroms	12
4	Material und Methoden	12
5	Ergebnisse	12
6	Diskussion	12
7	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	12
	Literaturverzeichnis	13
	Abbildungsverzeichnis	14
	Tabellenverzeichnis	14

Danksagung

Kurzfassung

Abstract

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, die vorliegende Seminararbeit selbstständig und nur unter Verwendung der von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel verfasst zu haben. Sowohl inhaltlich als auch wörtlich entnommene Inhalte wurden als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit hat in dieser oder vergleichbarer Form noch keinem anderem Prüfungsgremium vorgelegen.

Merseburg, den 31.01.2022

Unterschrift:_____

Sperrvermerk

Die vorliegende Arbeit beinhaltet interne vertrauliche Informationen der ALBERDINGK BOLEY LEUNA GMBH. Die Weitergabe des Inhalts der Arbeit im Ganzen oder in Teilen sowie das Anfertigen von Kopien oder Abschriften – auch in digitaler Form - sind ab dem Abgabedatum der Arbeit untersagt. Ausnahmen bedürfen der schriftlichen Genehmigung der ALBERDINGK BOLEY LEUNA GMBH. Die Einsichtnahme ist nur dem Verfasser und dem Betreuer zu erlaubt.

Merseburg, den 31.01.2022

1 Einleitung

In der produzierenden Chemie sind eine Reihe von Verfahrensschritten notwendig um das gewünschte Zielprodukt herzustellen. Für die Produktion von Polymerdispersionen der Farben-, Lack- und Beschichtungsindustrie ist das Fördern von Basischemikalien wie organischen und anorganischen Säuren und Basen, Lösemitteln, Initiatoren, Emulgatoren und Additiven elementar. Gerade Additive werden oft in geringen Mengen mit hoher Wirksamkeit eingesetzt, weshalb das Verfahren der Dosierung anzuwenden ist.

2 Zielsetzung und Abgrenzung der Aufgabenstellung

2.1 Zielsetzung der Aufgabenstellung

Für die Herstellung der Acrylat-Copolymerdispersion AC 548 ist die Zugabe eines assoziativen Verdickermittels für die Alberdingk Boley Leuna GmbH als Prozessschritt nötig. Dieses Verdickermittel wird zugegeben, um die Viskosität der hergestellten, wässrigen Polymerlösung zu erhöhen und damit die rheologischen Eigenschaften für die Verwendung in Buntsteinputzen, Lacken und Farben sicherzustellen. Das derzeit genutzte Verdickermittel macht es möglich, dass die Zugabe durch einen Abwiegeprozess und einem Fass als Dosierbehälter erfolgen kann. Diese Art der Dosierung erfordert jedoch eine gewisse Fließfähigkeit des zuzugebenden Mediums und die Akzeptanz einer kaum quantifizierten Dosierung. Weiterhin wird Personalzeit für Abwiege- und Transportprozesse benötigt.

Im Rahmen der Produktion soll diese Form der Dosierung technisch umgesetzt werden, um somit Personalzeit zu sparen, den Verbrauch an Verdickermittel gering zu halten und das Handling zu erleichtern. Aufgrund der Einstellung der Produktion für das derzeit verwendete Verdickermittel Rheobyk-H 3300 VF der BYK-CHEMIE GMBH wird dieses in Zukunft durch TAFIGEL PUR 85 der MÜNZING CHEMIE GMBH ersetzt. Dabei unterscheiden sich beide Verdickermittel grundlegend in ihrer Verarbeitbarkeit. Gerade das neu einzuführende Verdickermittel stellt durch seine hochviskosen Eigenschaften eine Herausforderung für den Dosierprozess dar.

Ziel dieser Arbeit ist es durch Charaktersistierung des neuen Verdickermittels verschiedene Möglichkeiten der Dosierung zu recherchieren und zu diskutieren. Infolgedessen soll ein Konzept der Dosierung technisch geplant werden, welches den Forderungen des Unternehmens entspricht. Ausgewählte Aspekte sind beispielsweise die Dosiergenauigkeit und das Handling durch die Produktion.

2.2 Abgrenzung der Aufgabenstellung

In Abgrenzung zur Aufgabenstellung wird in dieser Arbeit kein Bezug zur realen Umsetzung des vorgestellten Konzeptes genommen. Es werden lediglich Betrachtungen und Möglichkeiten der Dosierung zusammengestellt und diskutiert. Diese Arbeit soll dabei ein gesamtheitliches Bild der Problematik zeichnen und mögliche Lösungen hierfür aufzeigen. Die Entscheidung ob das näherbeschriebene Konzept tatsächlich umgesetzt wird, bleibt an dieser Stelle dem betreuenden Unternehmen überlassen. Somit finden Aspekte der Inbetriebnahme oder Testreihen einer umgesetzten Dosierstation für diese Arbeit keine Bedeutung.

3 Theoretische Grundlagen

3.1 Verdickungsmittel

In der Farben- und Putzindustrie werden Verdickungsmittel als rheologische Additive bezeichnet. Sie erhöhen die Viskosität von Flüssigkeiten und ändern somit ihre rheologischen Eigenschaften, welche die Auftragungs-, Fließ- und Verlaufseigenschaften von Farben und Putzen bestimmen. Verdickungsmittel kommen jedoch auch in der Lebensmittelchemie oder Pharmazie zum Einsatz. Je nach den Anforderungen an das Verdickermittel gestellt werden, unterscheiden sich diese in ihrer Zusammensetzung (siehe Abb. 1). [BRRS09]

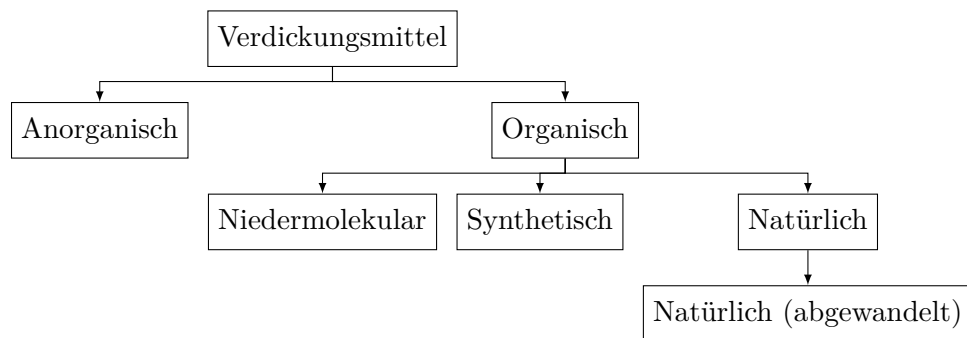


Abb. 1: Einteilung von Verdickungsmitteln nach Zusammensetzung [BRRS09]

Je nach Verdickungsmittel können verschiedene Effekte wie Gelbildung, Solvatation, Ausbildung von Netzstrukturen, Coulomb-Kräfte, Quellung und Wasserstoff-Brückenbindungen, sowie deren gegenseitige Einflussnahme die Erhöhung der Zähflüssigkeit bewirken. [BRRS09]

Betrachtet man speziell die sogenannten assoziativen Verdickungsmittel lassen sich diese den Gruppen der abgewandelten, natürlichen Verdicker und den synthetischen Verdickern zuordnen. Sie spezifizieren sich gegenüber anderen Verdickertypen darin, dass sie neben hydrophilen Gruppen auch hydrophobe End- und Seitengruppen enthalten, welche dem Verdickungsmittel einen Tensidcharakter verleihen. Deshalb bestehen assoziative Verdicker unter anderem aus hydrophob modifizierten Polymerstrukturen (siehe Abb. 2).

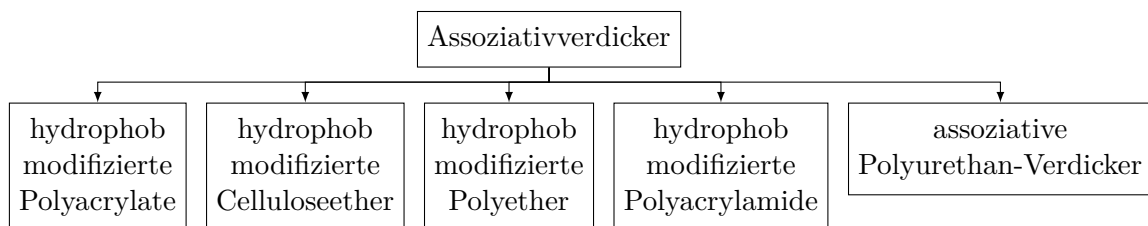


Abb. 2: Einteilung von Assoziativ-Verdickern nach chemischer Struktur [BRRS09]

Diese strukturelle Eigenschaft der Assoziativ-Verdicker macht die Bildung von Micellen möglich und es treten neben der Quellung in der Wasserphase sogenannte „Micellbrücken“ zwischen Latex-Teilchen der Bindemitteldisperion auf, welche eine zusätzlich Viskositätserhöhung bewirken. [BRRS09]

In Abbildung 3 ist eine schematische Struktur eines solchen assoziativen Polyurethan-Verdickers aufgeführt. Diese beispielhafte Struktur zeigt hydrophile, höher molekulare Polyethersegmente, welche über Urethan-Gruppen verbunden sind und durch hydrophobe Molekülgruppen verknüpft werden. [BRRS09]

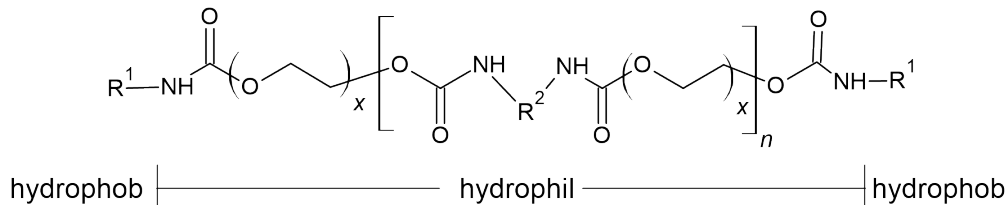


Abb. 3: schematische Struktur eines assoziativen Polyurethan-Verdickers, erstellt nach [BRRS09]

Durch diesen Mix der hydrophoben und hydrophilen Strukturen wird der Tensidcharakter des Verdickungsmittels bestimmt und es ergeben sich Netzstrukturen mit assoziierten „Micellbrücken“, wie in Abbildung 4 dargestellt. Zusätzlich ist zu erkennen, dass auch Wechselwirkungen mit bereits vorhandenen Tensidmolekülen in der Dispersion auftreten können und die Struktur somit weiter stabilisieren. [Mez16]

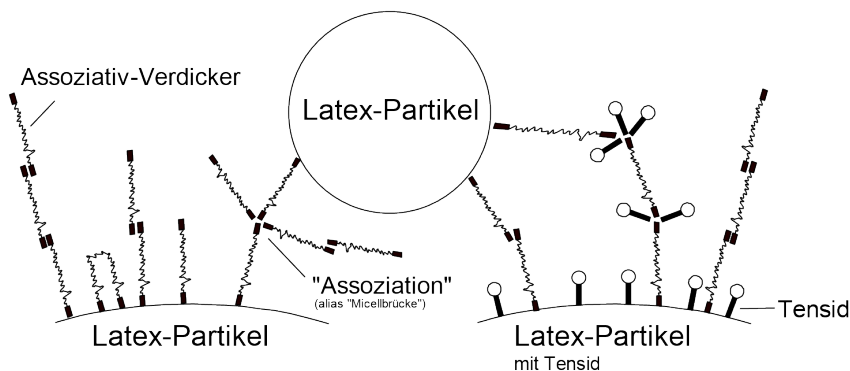


Abb. 4: Netzstruktur durch Verdickermittel in Latex-Dispersion (mit und ohne Tensid), erstellt nach [Mez16]

Aufgrund dieser ausgeprägten Netzstrukturen innerhalb des Verdickungsmittels ist es jedoch auch möglich, dass das Verdickungsmittel selbst eine hohe Viskosität aufweist. Dieser Punkt kann erheblichen Einfluss auf die großtechnische Verarbeitbarkeit des Additives haben und wird im weiteren Verlauf dieser Arbeit näher betrachtet.

3.2 Charakterisierung des Dosierstroms

Art des Fluides

Die Wissenschaft der Rheologie beschäftigt sich unter anderem mit dem Fließ- und Deformationsverhalten von Flüssigkeiten und teilt diese zunächst in NEWTONSCHE und NICHTNEWTONSCHE Fluide ein. Grundlage dieser Einteilung sind Untersuchungen von ISAAC NEWTON, welcher sich bei konstanter Temperatur mit der Schergeschwindigkeit D in Abhängigkeit von der Schubspannung τ beschäftigte.

Das Ergebnis dieser Arbeit ist das NEWTONSCHE FLIESSGESETZ unter Gleichung (1), welche den Fließwiderstand η einer Flüssigkeit bei gegebener Temperatur als Stoffkonstante benennt. Dieser Fließwiderstand η ist heute unter der Bezeichnung der dynamischen Viskosität bekannt.

$$\tau = \eta \cdot D \quad (1)$$

D ... Schergeschwindigkeit
 τ ... Schubspannung
 η ... Dynamische Viskosität

Demnach gelten alle Fluide, welche diese Linearität zwischen Schergeschwindigkeit und Schubspannung ohne Fließgrenze aufweisen als NEWTONSCHE Fluide und diejenigen, die ein nicht-lineares Verhalten und/oder ein Verhalten mit Fließgrenze aufweisen als NICHTNEWTONSCHE Fluide. Veranschaulicht wird dies in Abbildung 5 mit einer Auswahl an verschiedenen Rheologieprofilen.

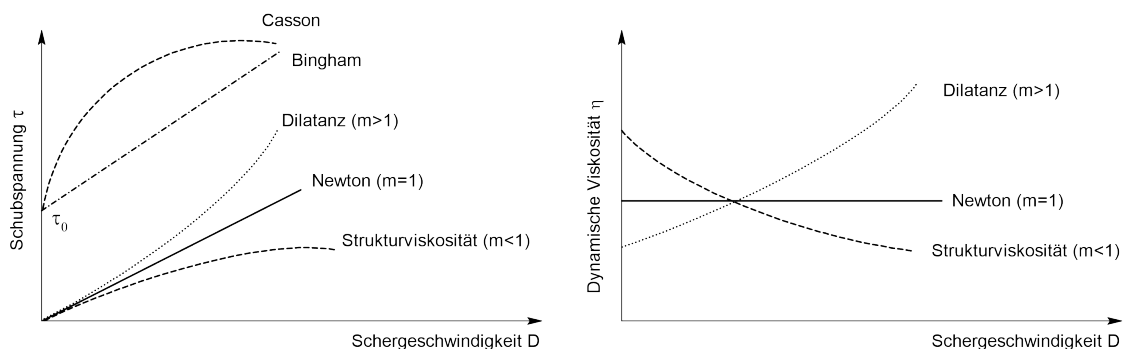


Abb. 5: Rheologieprofile für verschiedene Fluide, erstellt nach [Hol10, Mün18]

Bestimmung der dynamischen Viskosität nach

Inhalt fehlt

Die dynamische Viskosität η ist definiert als das Verhältnis von Schubspannung τ zur Scherrate D .

Rotationsviskosimeter

Bestimmung der Dichte nach

Inhalt fehlt

Bestimmung der Strömungsform

Um den Dosierstrom des Verdickermittels entsprechend seiner Strömungseigenschaften charakterisieren zu können, wird zunächst mit der sogenannten REYNOLDSZAHL die Strömungsform bestimmt. Sie ist eine dimensionslose Kennzahl und beschreibt das Verhältnis zwischen Tragheitskräften zu Reibungskräften in strömenden Flüssigkeiten und ist für durchströmte Rohrleitungen unter Gleichung (2) definiert. [Fot14]

$$Re = \frac{d_H \cdot \rho \cdot \bar{u}}{\eta} \quad (2)$$

$Re \dots$ REYNOLDSZAHL

$\eta \dots$ dynamische Viskosität des Fluids

$\rho \dots$ Dichte des Fluids

$d_H \dots$ hydraulischer Rohrdurchmesser

$\bar{u} \dots$ mittlere Strömungsgeschwindigkeit

Anhand der Reynoldszahl lässt sich nun mithilfe der Tabelle 1, die jeweilige Strömungsform zuordnen. Diese Zuordnung ist wichtig, da sich je nach Strömungsform unterschiedliche Einflussgrößen auf den Druckverlust ergeben. Beispielsweise hat für eine laminare Strömung die Wandrauigkeit der Leitung keinen Einfluss mehr, wohin gegen sie in turbulenten Strömungen maßgebliche Druckverluste hervorrufen kann. In laminaren Strömungen überwiegt hierbei der glättende Einfluss der Viskosität gegenüber den Rohronebenheiten, während in turbulenten Strömungen weitere Wirbel erzeugt werden. [Bsc18]

Tab. 1: Strömungsformen und ihre Reynoldszahlen [Fot14]

Strömungsform	Laminar	instabiler Bereich	Turbulent
Reynoldszahl	< 2300	2300 bis 4000	> 4000

Bestimmung des Druckverlustes

Nach der Bestimmung der Reynoldszahl lässt sich nun mit Hilfe des NIKURADSE-COLEBROOK-MOODY-Diagramms, nachfolgend MOODY-Diagramm genannt, der Rohrreibungsbeiwert λ bestimmen (siehe Abb. 6). Dieser Wert wiederum kann in Gleichung (3) eingesetzt werden um den Druckverlustbeiwert ζ_R für gerade Rohrleitungen zu bestimmen und lässt auf Basis der erweiterten BERNOULLI-Gleichung (4) den durch Reibung verursachten Druckverlust Δp berechnen. [Bsc18]

$$\zeta_R = \lambda \cdot \frac{L}{d} \quad (3)$$

$$\Delta p = \frac{1}{2} \cdot \zeta_R \cdot \rho \cdot \bar{u}^2 \quad (4)$$

$\zeta_R \dots$ Druckverlustbeiwert für gerade Rohrstrecken

$L \dots$ Rohrleitungslänge

$d \dots$ Rohrdurchmesser

$\Delta p \dots$ Druckverlust

$\rho \dots$ Dichte des Fluids

$\bar{u} \dots$ mittlere Strömungsgeschwindigkeit

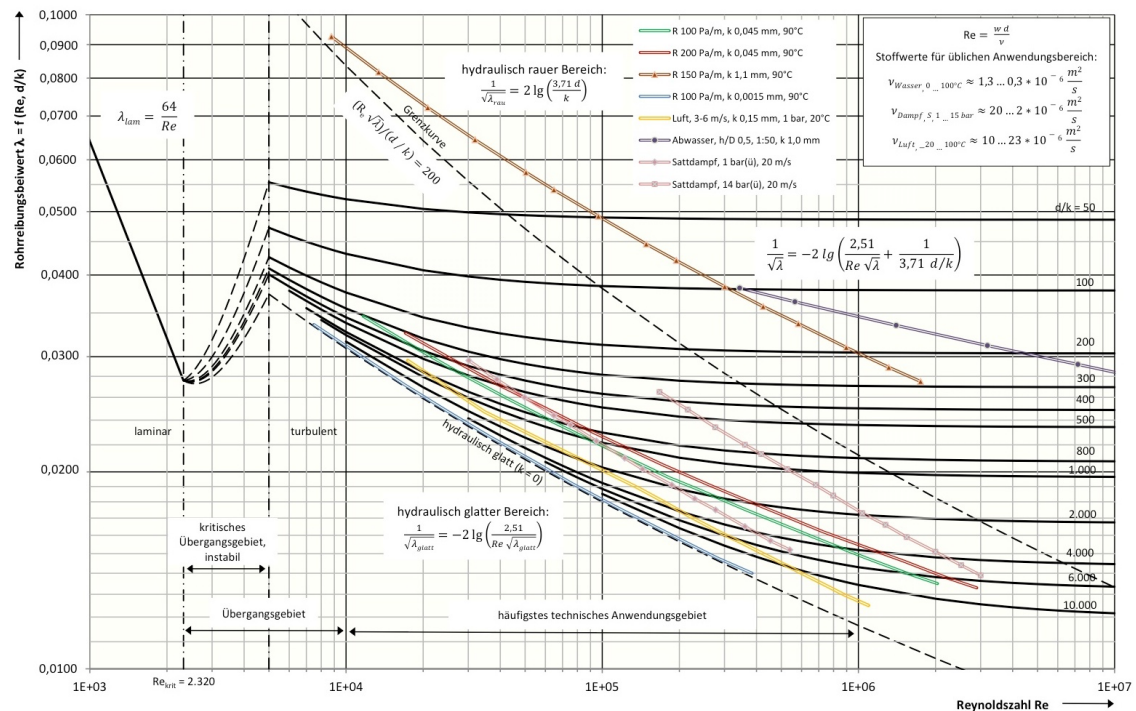


Abb. 6: NIKURADSE-COLEBROOK-MOODY-Diagramm [Msi17]

Gesetz von Hagen-Poiseuille

Liegt für eine nicht-kompressible Flüssigkeit eine laminare Strömung vor, so ist es möglich die zuvor beschriebene Vorgehensweise zu vereinfachen und den auftretenden Druckverlust in einer geraden Rohrleitung direkt mit dem Gesetz von HAGEN-POISEUILLE zu bestimmen. Der Druckverlust wird hierbei in Abhängigkeit vom Volumenstrom, der Rohrleitungslänge, des Rohrdurchmessers und der Viskosität berechnet. Die Definition des Gesetzes, aufgelöst nach dem Druckverlust, findet sich unter Gleichung (5). [Fot05]

$$\Delta p = \frac{8 \cdot \eta \cdot L \cdot \dot{V}}{r^4 \cdot \pi} \quad (5)$$

Δp ... Druckverlust

η ... dynamische Viskosität des Fluids

\dot{V} ... Volumenstrom des Fluids

r ... innerer Radius der Rohrleitung

L ... Rohrleitungslänge

Da das Gesetz von HAGEN-POISEUILLE bereits im MOODY-Diagramm enthalten ist, können beide Vorgehensweisen genutzt werden um die jeweils andere Rechnung zu überprüfen. Sollen Rohrleitungseinbauten wie Armaturen, Ventile oder Bogenstücke einberechnet werden, vereinfacht jedoch aufgrund von tabellierten Druckverlustbeiwerten möglicher Einbauten die erweiterte BERNOULLI-Gleichung die Berechnung des gesamten reibungsbedingten Druckverlustes.

3.3 Dosierpumpen

3.3.1 oszillierende Verdrängerpumpen

3.3.2 rotierende Verdrängerpumpen

3.4 Bestimmung des Dosierstroms

Radarfüllstandsmessung

Coriolis-Massendurchflussmesser

Volumetrischer Verdränger

Waage mit Wägezellen

Durchflusskurve der Pumpe

4 Material und Methoden

In der geplanten Dosierung soll auf das Verdickungsmittel TAFIGEL PUR 85 der MÜNZING CHEMIE GMBH zurückgegriffen werden. Laut Hersteller handelt es sich hierbei um einen assoziativen Polyurethan-Verdicker, welcher durch Gerüstbildung zwischen Verdickermolekülen, Bindemittel und Pigmentpartikeln die gewünschte Viskosität hervorruft und stabilisiert. Diese Beschreibung deckt sich mit den vorangegangenen Beschreibung der Assoziativverdicker.[Mün14]

5 Ergebnisse

6 Diskussion

7 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Literatur

- [BRRS09] BROCK, Thomas ; RÖMPP-REDAKTION ; SEIBEL, Jürgen: *Verdickungsmittel*. Thieme Gruppe, 2009 <https://roempp.thieme.de/lexicon/RD-22-00381>
- [Bsc18] BSCHORER, Sabine: *Technische Strömungslehre: Lehr- und Übungsbuch*. 11., überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden and Heidelberg : Springer Vieweg, 2018 (Lehrbuch). <http://www.springer.com/>. – ISBN 978-3-658-20037-4. – Bschorer, Sabine (VerfasserIn) Böswirth, Leopold (Sonstige Person, Familie und Körperschaft) Buck, Thomas (MitwirkendeR)
- [Fot05] FOTH, Hans-Jochen: *Hagen-Poiseuillesches Gesetz*. Thieme Gruppe, 2005 <https://roempp.thieme.de/lexicon/RD-08-00189>
- [Fot14] FOTH, Hans-Jochen: *Reynolds-Zahl*. Thieme Gruppe, 2014 <https://roempp.thieme.de/lexicon/RD-18-01140>
- [Hol10] HOLZE, Rudolf: *Nichtnewtonsche Flüssigkeiten*. Thieme Gruppe, 2010 <https://roempp.thieme.de/lexicon/RD-14-01075>
- [Mün14] MÜNZING CHEMIE GMBH (Hrsg.): *Technisches Datenblatt - TAFIGEL PUR 85*. Version: März 2014. https://www.munzing.com/static/06f130839b44f324b19e0c2d6e8ace93/td_TAFIGEL_PUR_85_DE_f12e7b1de6.pdf
- [Mün18] MÜNZING CHEMIE GMBH (Hrsg.): *TAFIGEL® RHEOLOGIEMODIFIZIERER: Technische Nachrichten Nr. 04*. Version: 2018. <https://docplayer.org/storage/69/60353187/1643642820/Qj1vDFp1hoXznndlj8RBog/60353187.pdf>
- [Mez16] MEZGER, Thomas (Hrsg.): *Das Rheologie Handbuch: Für Anwender von Rotations- und Oszillations-Rheometern*. 5., vollständig überarbeitete Auflage. Hannover : Vincentz Network, 2016 (FARBE UND LACK / BIBLIOTHEK). <http://dx.doi.org/10.1515/9783748600121>. <http://dx.doi.org/10.1515/9783748600121>. – ISBN 9783748600121
- [Msi17] MSIMCA: *Reynoldszahl-Diagramm für gerade Rohrleitungen nach Prandtl-Colebrook*. Version: 14.05.2017. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f3/R_Rohrreibungsbeiwert.jpg. – CC-BY-SA-4.0

Abbildungsverzeichnis

1	Einteilung von Verdickungsmitteln nach Zusammensetzung [BRRS09]	7
2	Einteilung von Assoziativ-Verdickern nach chemischer Struktur [BRRS09]	7
3	schematische Struktur eines assoziativen Polyurethan-Verdickers, erstellt nach [BRRS09]	8
4	Netzstruktur durch Verdickermittel in Latex-Dispersion (mit und ohne Tensid), erstellt nach [Mez16]	8
5	Rheologieprofile für verschiedene Fluide, erstellt nach [Hol10, Mün18]	9
6	NIKURADSE-COLEBROOK-MOODY-Diagramm [Msi17]	11

Tabellenverzeichnis

1	Strömungsformen und ihre Reynoldszahlen [Fot14]	10
---	---	----

Anhang

Abkürzungsverzeichnis