



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, 29.01.2022

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Zielsetzung und Abgrenzung der Aufgabenstellung</b>	<b>6</b>
2.1	Zielsetzung der Aufgabenstellung . . . . .	6
2.2	Abgrenzung der Aufgabenstellung . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Theoretische Grundlagen</b>	<b>7</b>
3.1	Verdickungsmittel . . . . .	7
3.2	Charakterisierung des Dosierstroms . . . . .	8
3.3	Stand der Technik . . . . .	10
3.4	Dosierpumpen . . . . .	10
3.4.1	oszillierende Verdrängerpumpen . . . . .	10
3.4.2	rotierende Verdrängerpumpen . . . . .	10
3.5	Normen und Standards . . . . .	10
3.6	Rotationsviskosimeter . . . . .	10
3.7	Densimeter . . . . .	10
3.8	Wirtschaftliche Aspekte und Entwicklungsperspektiven . . . . .	11
<b>4</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>Diskussion</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Schlussfolgerungen</b>	<b>11</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>12</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>13</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>13</b>

## **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 29.01.2022

Unterschrift:\_\_\_\_\_

## **Sperrvermerk**

Die vorliegende Arbeit beinhaltet interne vertrauliche Informationen der ALBERDINGK BOLEY LEUNA GMBH. Die Weitergabe des Inhalts der Arbeit im Gesamten 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 29.01.2022

## **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. Aber auch in der Lebensmittelchemie kommen Verdickungsmittel zum Einsatz.

Verdickungsmittel lassen sich nach ihrer Zusammensetzung wie folgt unterteilen:

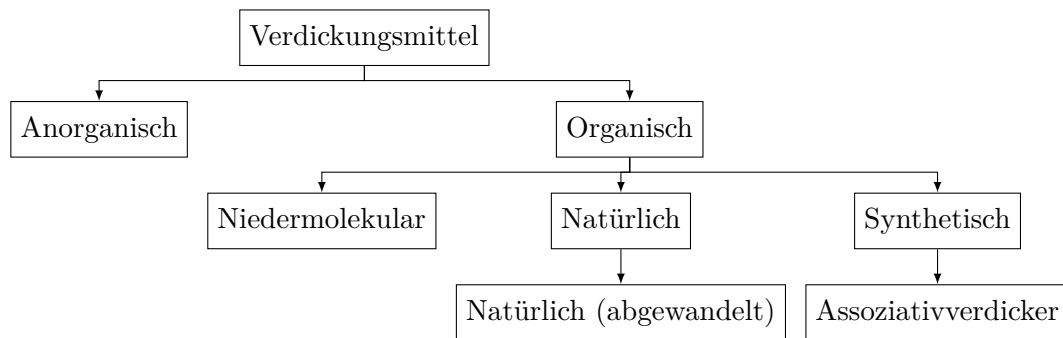


Abb. 1: Einteilung von Verdickungsmitteln nach Zusammensetzung [BRRS09]

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

Betrachtet man speziell die Gruppe der assoziativen Verdickungsmittel lassen sich diese anhand ihrer chemischen Struktur noch weiter kategorisieren:

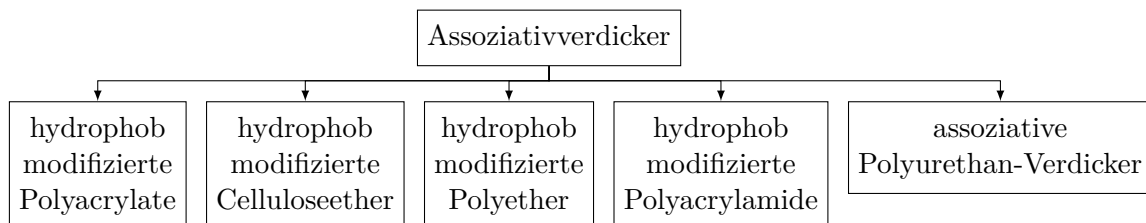


Abb. 2: Einteilung von Assoziativ-Verdickern nach Struktur [BRRS09]

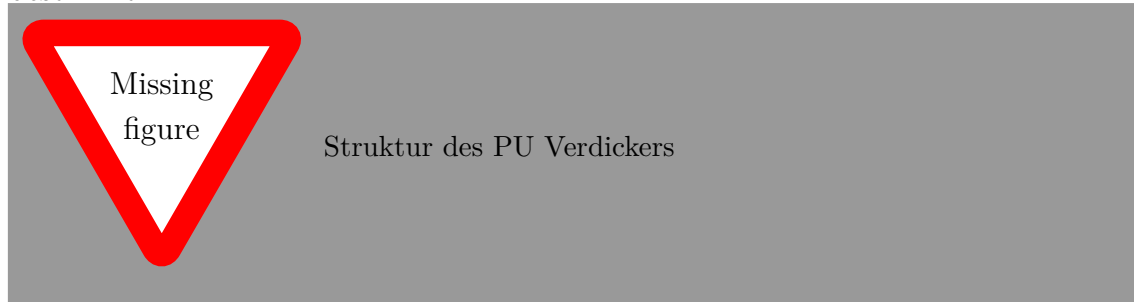
Assoziative Verdicker unterscheiden sich gegenüber anderen Verdickertypen darin, dass Sie neben hydrophilen Gruppen auch hydrophobe End- und Seitengruppen enthalten, welche dem Verdickungsmittel einen Tensidcharakter verleihen. Aufgrund dieser strukturellen Eigenschaften ist dieser Verdickertyp auch zur Micellenbildung fähig. Zudem treten neben der Quellung in der Wasserphase sogenannte „Micellbrücken“ zwischen Latex-Teilchen der Bindemitteldisperion auf, welche zusätzlich Viskositätserhöhung bewirken. [BRRS09]

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.[Mü14]

In Abbildung ?? ist eine schematische Struktur eines solchen assoziativen Polyurethan-Verdickers aufgeführt. In dieser beispielhaften Struktur sind hydrophile, höhermolekulare Polyethersegmente über Urethan-Gruppen verbunden und durch hydrophobe Molekülgruppen verknüpft. Durch diesen Mix der hydrophoben und hydrophilen Strukturen wird der Tensidcharakter des Verdickungsmittels bestimmt.



## 3.2 Charakterisierung des Dosierstroms

### Bestimmung der Strömungsform

Um den Dosierstrom 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 (1) definiert. [Fot14]

$$Re = \frac{d_H \cdot \rho \cdot \bar{u}}{\eta} \quad (1)$$

$Re$  ... REYNOLDSZAHL

$\eta$  ... dynamische Viskosität des Fluids

$\rho$  ... Dichte des Fluids

$d_H$  ... hydraulischer Rohrdurchmesser

$\bar{u}$  ... 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 aufgrund 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	Übergangsbereich	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  $\lambda$  bestimmen (siehe Abb. 3). Dieser Wert wiederum kann in Gleichung (2) eingesetzt werden um den Druckverlustbeiwert  $\zeta_R$  für gerade Rohrleitungen zu bestimmen und lässt auf Basis der erweiterten BERNOULLI-Gleichung (3) den kinetischen Druckverlust  $\Delta p$  berechnen. [Bsc18]

$$\zeta_R = \lambda \cdot \frac{L}{d} \quad (2)$$

$$\Delta p = \frac{1}{2} \cdot \zeta_R \cdot \rho \cdot \bar{u}^2 \quad (3)$$

$\zeta_R$  ... Druckverlustbeiwert für gerade Rohrstrecken

$L$  ... Rohrleitungslänge

$d$  ... Rohrdurchmesser

$\Delta p$  ... Druckverlust

$\rho$  ... Dichte des Fluids

$\bar{u}$  ... mittlere Strömungsgeschwindigkeit

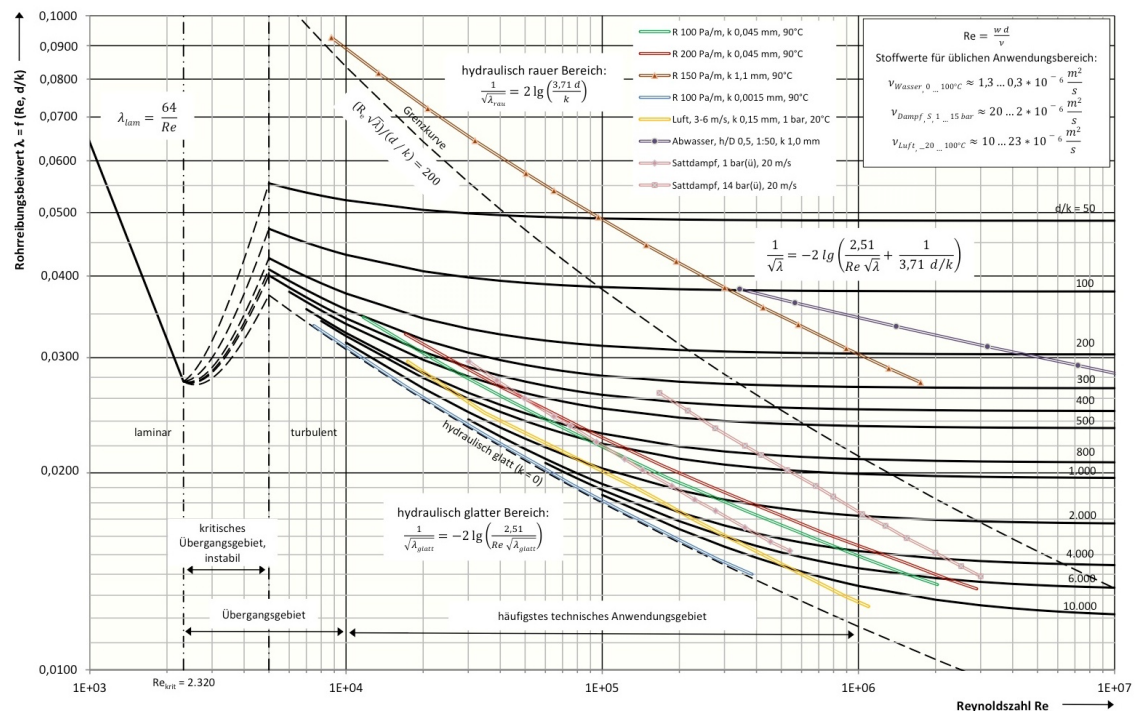


Abb. 3: NIKURADSE-COLEBROOK-MOODY-Diagramm [Msi17]

### 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 der 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 (4). [Fot05]

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

$\Delta p$  ... Druckverlust

$\eta$  ... 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 Druckverlustes.

### 3.3 Stand der Technik

### 3.4 Dosierpumpen

#### 3.4.1 oszillierende Verdrängerpumpen

#### 3.4.2 rotierende Verdrängerpumpen

### 3.5 Normen und Standards

### 3.6 Rotationsviskosimeter

### 3.7 Densimeter

Norm für Viskositätsbestimmung

<https://www.din.de/de/neuer-inhalt/wdc-beuth:din21:306904236> <https://www.din.de/de/wdc-beuth:din21:306904236>

<https://www.din.de/de/neuer-inhalt/wdc-beuth:din21:329765890>

**3.8 Wirtschaftliche Aspekte und Entwicklungsperspektiven**

**4 Material und Methoden**

**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>
- [Mü14] 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](https://www.munzing.com/static/06f130839b44f324b19e0c2d6e8ace93/td_TAFIGEL_PUR_85_DE_f12e7b1de6.pdf)
- [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](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 Struktur [BRRS09] . . . . .	7
3	NIKURADSE-COLEBROOK-MOODY-Diagramm [Msi17] . . . . .	9

## Tabellenverzeichnis

1	Strömungsformen und ihre Reynoldszahlen [Fot14] . . . . .	9
---	---	---

## Anhang

## **Abkürzungsverzeichnis**