

Bachelorarbeit

Untersuchung der Möglichkeiten zur Entwicklung einer allgemeingültigen Anordnungs- klassifikation von Lamellengraphit

Vorgelegt von:

Michael Kaip

Studiengang Ingenieurinformatik

Erstgutachter:

Prof. Dr.-Ing. Mohammad Abuosba

Zweitgutachter:

Dipl.-Mathematiker Ulrich Sonntag

Berlin, den XX. April 2021

Zusammenfassung

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	I
Tabellenverzeichnis	II
1 Einleitung	1
2 Grundlagen	2
2.1 Graphitklassifizierung	2
2.1.1 Lamellengraphit	2
2.1.2 Mechanische Eigenschaften von Lamellengraphit	2
2.1.3 Einteilung von Gusseisen mit Lamellengraphit entsprechend den mechanischen Eigenschaften	2
2.2 Grundlagen der Bildverarbeitung	2
2.2.1 Bildrepräsentation und Farbräume	2
2.2.2 Bildskalierung und Interpolationsverfahren	2
2.3 Statistische Versuchsplanung	2
3 Ausgangssituation	3
3.1 Metallographie und Analytik	3
3.1.1 Lichtmikrokopie für die Erstellung von Bildproben	3
3.1.2 Bildmaterial	3
3.2 Bestimmung der Mikrostruktur von Gusseisen mit AMGuss	3
3.2.1 Kalibrierung	3
3.2.2 Erstellung eines Anordnungsklassifikators für die Lamellengraphit-Auswertung	3
3.2.3 Methoden zur Bestimmung der Anordnungstypen A-E von Lamellengraphit	3
3.2.4 Bewertungsergebnisse einer Lamellengraphit-Auswertung	3
3.3 Problemstellung	3
4 Konzept	4
4.1 Sollzustand/Anforderungen	4
4.2 Erzeugung von Bildern mit unterschiedlichen Ausgangskalibrierungen	4
4.3 Statistische Versuchsplanung	4
4.3.1 Systemanalyse	4
4.3.2 Definition der Zielgrößen	5
4.3.3 Definition der Einflussgrößen	5
4.3.4 Modellbildung	5
4.3.5 Versuchsaufbau	5
4.4 Untersuchung der Auswirkungen von Bildskalierungen auf die Reproduzierbarkeit von Messergebnissen unter Anwendung verschiedener Interpolationsverfahren	5
4.4.1 Messung der Bilder mit AMGuss vor und nach der Skalierung	5
4.4.2 Anwendung <i>einstufiger</i> Skalierungen auf die erzeugten Bilder	5
4.4.3 Anwendung <i>mehrstufiger</i> Skalierungen auf die erzeugten Bilder	5

5	Umsetzung	6
5.1	Rahmenbedingungen	6
5.1.1	Technologie-Stack	6
5.2	Implementierung	6
5.2.1	Modellierung und algorithmische Beschreibung der Implementierung	6
5.3	Verwendung von Bildern mit verschiedenen Ausgangskalibrierungen	6
5.4	Skalierung der erzeugten Bilder (einstufig/mehrstufig)	6
5.4.1	Bilineare Interpolation	6
5.4.2	Bikubische Interpolation	6
5.4.3	Flächenbasierte Interpolation	6
5.4.4	Nearest-Neighbor-Interpolation	6
5.4.5	LANCZOS-Interpolation	6
6	Evaluierung	7
6.1	Vergleich angewendeten Interpolationsverfahren	7
6.1.1	Laufzeitkomplexität und Performance	7
6.1.2	Kennzahlenvergleich und Interpretation	7
7	Zusammenfassung und Auswertung	8
7.1	Zusammenfassung	8
7.2	Auswertung	8

Abbildungsverzeichnis

1	Typen von Gusseisen nach Art der Graphitpartikelausbildung [1]	1
2	Usache-/Wirkungsbeziehungen als Black-Box-Modell	5

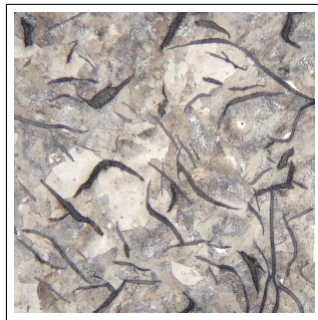
Tabellenverzeichnis

Kapitel 1

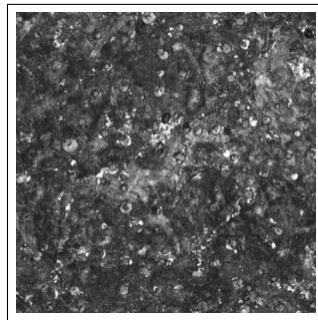
Einleitung

Bei Gusseisen handelt es sich um eine Eisen-Kohlenstoff-Legierung die, verglichen mit Stahl, einen wesentlich höheren Kohlenstoffgehalt von mehr als 2 bis 3,8 % aufweist. Aufgrund der hervorragenden gießtechnischen Eigenschaften des Werkstoffes (geringer Schmelzpunkt sowie dünnflüssige Schmelze) ergeben sich für den Konstrukteur hohe Freiheitsgrade in der Formgebung wodurch eine besonders wirtschaftliche Fertigung ermöglicht wird. Der sich daraus ergebende immense Bedarf an Gusserzeugnissen wird besonders deutlich, wenn man sich die weltweite Gussproduktion anschaut, die sich im beispielsweise Jahr 2019 auf über 98 Millionen Tonnen belief. Der größte Produzent ist China mit 48,75 und Deutschland liegt mit 4,95 Millionen Tonnen auf Platz 5 [2].

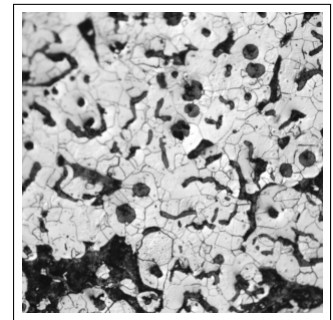
Der bei Herstellung des Werkstoffes zugeführte Kohlenstoff führt zu Graphiteinlagerungen, deren Form- und Gefügebildung sich durch die Schmelz- und Abkühlungsbedingungen bei der Herstellung ganz wesentlich beeinflussen lassen. Demnach unterscheidet man grundsätzlich die in Abbildung 1 dargestellten Arten von Gusseisen:



(a) Lamellengraphit (GJL)



(b) Kugelgraphit (GJS)



(c) Vermiculargraphit (GJV)

Abbildung 1: Typen von Gusseisen nach Art der Graphitpartikelausbildung [1]

Dabei unterscheiden sich die Gusseisenwerkstoffe nicht nur hinsichtlich der Form und Struktur ihrer Graphiteinlagerungen, sondern vor allem auch in Bezug auf die damit unmittelbar in Zusammenhang stehenden mechanischen Eigenschaften, wie bspw. Zug- und Druckfestigkeit, Bruchsicherheit oder plastische Verformbarkeit. Das bedeutet, dass bei Kräfteeinwirkung je nach Art unterschiedliche Spannungskonzentrationen in den Graphiteinschlüssen entstehen und der jeweilige Werkstoff sich somit mehr oder weniger für bestimmte Verwendungszwecke eignet.

Die wichtigsten Abnehmer für von Gusswerkstoffen sind der Straßenfahrzeugbau mit fast 60 % sowie der Maschinenbau mit 25 bis 30 % der gesamten Gusslieferungen [3].

Kapitel 2

Grundlagen

2.1 Graphitklassifizierung

2.1.1 Lamellengraphit

2.1.2 Mechanische Eigenschaften von Lamellengraphit

2.1.3 Einteilung von Gusseisen mit Lamellengraphit entsprechend den mechanischen Eigenschaften

2.2 Grundlagen der Bildverarbeitung

2.2.1 Bildrepräsentation und Farbräume

2.2.2 Bildskalierung und Interpolationsverfahren

2.3 Statistische Versuchsplanung

Kapitel 3

Ausgangssituation

3.1 Metallographie und Analytik

3.1.1 Lichtmikroskopie für die Erstellung von Bildproben

3.1.2 Bildmaterial

3.2 Bestimmung der Mikrostruktur von Gusseisen mit AMGuss

3.2.1 Kalibrierung

3.2.2 Erstellung eines Anordnungsklassifikators für die Lamellengraphit-Auswertung

3.2.3 Methoden zur Bestimmung der Anordnungstypen A-E von Lamellengraphit

3.2.4 Bewertungsergebnisse einer Lamellengraphit-Auswertung

3.3 Problemstellung

Bei einem allgemeingültigen Anordnungsklassifikator müsste der Nutzer lediglich die Kalibrierung angeben, mit der die Probenbilder aufgenommen wurden und das System wäre in der Lage, die Kalibrierung der Bilder automatisch an die eines im System hinterlegten Klassifikators durch Skalierung anzupassen. Somit würde der Arbeitsschritt, Klassifikatoren manuell erstellen und verwalten zu müssen, entfallen. Fehler könnten dadurch vermieden und eine Einheitlichkeit der Messungen sichergestellt werden.

Kapitel 4

Konzept

4.1 Sollzustand/Anforderungen

Die Vorgehensweise zur Erstellung eines Anordnungsklassifikators in Kapitel 3.2.2 bereits beschrieben. Dies ist für den Nutzer mit einem nicht unerheblichen Aufwand verbunden. Hinzu kommt eine gewisse Fehleranfälligkeit, da für jede Messung der in Bezug auf die Bildkalibrierung richtige Klassifikator für die Messung ausgewählt werden muss.

Das Gütekriterium an einen solchen Klassifikator ist, die durch Skalierung (bzw. Interpolation) hervorgerufenen und in Kapitel 3.3 bereits näher beschriebenen Messfehler auf ein **tolerierbares** Maß hin zu minimieren. Allerdings gibt es jedoch, nach den aktuellen allgemein anerkannten Regeln der Technik (vgl. dazu [auf Norm verweisen](#)) keinen eindeutigen objektiven Maßstab, der zur Beurteilung angelegt werden könnte. Stattdessen beruht die Graphitklassifizierung auf einer visuellen Einschätzung der Spezialisten, welche die Beurteilung der Proben vornehmen. Die Norm DIN ISO 945-1 definiert dabei die Grundlagen, auf denen eine solche Beurteilung zu erfolgen hat. Was also als noch tolerierbar gilt, entscheidet der versierte Nutzer in gewissen Grenzen selbst und wie die Erfahrungen zeigen, existieren teils nicht unerhebliche Abweichungen bei der Einschätzung.

4.2 Erzeugung von Bildern mit unterschiedlichen Ausgangskalibrierungen

4.3 Statistische Versuchsplanung

todo: beschreiben...

4.3.1 Systemanalyse

Die Aufgabe, einen allgemeingültigen Anordnungsklassifikator zu entwickeln, der die beschriebenen Anforderungen erfüllt, ist im Grunde die Lösung eines Optimierungsproblems. Dabei ist es erforderlich zu untersuchen, welche Abhängigkeiten zwischen den **Einflussgrößen** und Zielgrößen zu bestehen, was zunächst vereinfacht in Abbildung dargestellt ist.

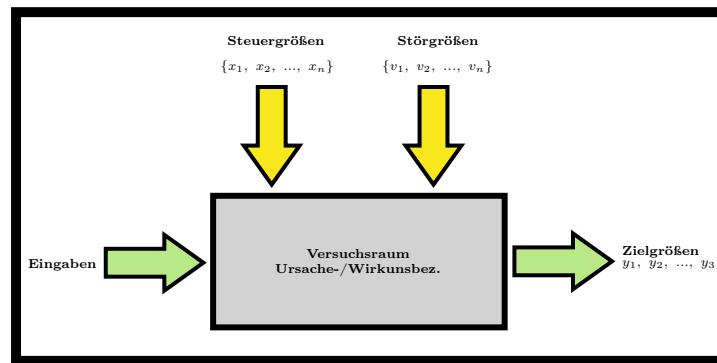


Abbildung 2: Ursache-/Wirkungsbeziehungen als Black-Box-Modell

4.3.2 Definition der Zielgrößen

Hinweis: Mehrgrößentheorie → Kombination der Einzelwerte zu einer gewichteten Summe...
xyxyxyxy

4.3.3 Definition der Einflussgrößen

4.3.4 Modellbildung

4.3.5 Versuchsplanaufbau

4.4 Untersuchung der Auswirkungen von Bildskalierungen auf die Reproduzierbarkeit von Messergebnissen unter Anwendung verschiedener Interpolationsverfahren

4.4.1 Messung der Bilder mit AMGuss vor und nach der Skalierung

4.4.2 Anwendung *einstufiger* Skalierungen auf die erzeugten Bilder

4.4.3 Anwendung *mehrstufiger* Skalierungen auf die erzeugten Bilder

Kapitel 5

Umsetzung

5.1 Rahmenbedingungen

5.1.1 Technologie-Stack

5.2 Implementierung

5.2.1 Modellierung und algorithmische Beschreibung der Implementierung

5.3 Verwendung von Bildern mit verschiedenen Ausgangskalibrierungen

5.4 Skalierung der erzeugten Bilder (einstufig/mehrstufig)

5.4.1 Bilineare Interpolation

5.4.2 Bikubische Interpolation

5.4.3 Flächenbasierte Interpolation

5.4.4 Nearest-Neighbor-Interpolation

5.4.5 LANCZOS-Interpolation

Kapitel 6

Evaluierung

6.1 Vergleich angewendeten Interpolationsverfahren

6.1.1 Laufzeitkomplexität und Performance

6.1.2 Kennzahlenvergleich und Interpretation

Kapitel 7

Zusammenfassung und Auswertung

7.1 Zusammenfassung

7.2 Auswertung

Literaturverzeichnis

- [1] S. Hasse. Giesserei-lexikon. [Online]. Available: <https://www.giessereilexikon.com/>
- [2] Gussproduktion der wichtigsten Länder im Jahr 2019. Statista GmbH. [Online]. Available: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/237370/umfrage/giessereiindustrie-nach-produktion-weltweit/>
- [3] Einsatzgebiete und Märkte für Gusseisen. Bundesverband der Deutschen Giesserei-Industrie e.V. [Online]. Available: <https://www.bdguss.de/einsatzgebiete-maerkte/>