

---

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>0</b>	<b>Liste der verwendeten Formelzeichen</b>	<b>XII</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Stand der Kenntnisse</b>	<b>3</b>
2.1	Entwicklung der Umformung von Stranggußprodukten mit flüssigem Kern	3
2.2	Moderne Anlagenkonzepte zur Erzeugung von Dünnbrammen	3
2.3	Numerische Simulation des Walzens mit der FEM und die Simulation des Umformens mit flüssigem Kern	5
<b>3</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Beschreibung der Versuchsanlagen</b>	<b>7</b>
4.1	Walzwerke	7
4.2	Ofen	7
4.3	Meßgeräte	8
<b>5</b>	<b>Walzversuche an Rechteckrohren ohne Berücksichtigung des Innen- drucks</b>	<b>9</b>
5.1	Probenabmessungen	9
5.2	Probenherstellung und Probenmaterial	10
5.3	Versuchsbeschreibung	10
5.4	Versuchsergebnisse	12
5.4.1	Geometrie der umgeformten Proben	12
5.4.2	Durchbiegung der Breitseiten	13
5.4.3	Aufteilung der Gesamtumformung auf mehrere Umformschritte	14
5.4.4	Geometrie der umgeformten Proben außerhalb der Kontaktzone Walze- Walzgut	14
5.4.5	Walzkraft und -moment	15
<b>6</b>	<b>Walzversuche an Rechteckrohren mit Berücksichtigung des Innen- drucks</b>	<b>17</b>
6.1	Auswahl des Probenmaterials	17
6.2	Versuchsbeschreibung und Versuchsdurchführung	18

---

6.3	<b>Versuchsergebnisse bei veränderlicher Wanddicke</b>	19
6.3.1	<b>Geometrie der umgeformten Proben aufgrund des Innendrucks</b>	20
6.3.2	<b>Druckverlauf während des Walzens</b>	21
6.3.3	<b>Längs- und Querdehnung der Probenbreitseiten beim Walzen mit Innendruck</b>	22
6.3.3.1	<b>Querdehnung</b>	22
6.3.3.2	<b>Längsdehnung</b>	23
6.3.4	<b>Walzkraft und -moment</b>	23
6.4	<b>Versuchsergebnisse bei veränderlicher Probenbreite und veränderlichem Walzendurchmesser bei unterschiedlichen Höhenabnahmen</b>	24
6.4.1	<b>Geometrie der umgeformten Proben aufgrund des Innendrucks</b>	25
6.4.2	<b>Druckverlauf während des Walzens</b>	25
6.4.3	<b>Geometrie der umgeformten Proben während des Walzens</b>	26
6.4.4	<b>Probenbreitung</b>	28
6.4.4.1	<b>Geometrieeinflüsse</b>	28
6.4.4.2	<b>Einfluß des Innendrucks auf die Breitung</b>	29
6.4.5	<b>Walzkraft und -moment</b>	31
6.4.5.1	<b>Geometrieeinflüsse</b>	31
6.4.5.2	<b>Einfluß des Innendruckes auf Walzkraft und -moment</b>	31
6.4.5.3	<b>Walzkraft</b>	32
6.4.5.4	<b>Walzmoment</b>	34
7	<b>Dimensionsanalyse</b>	36
7.1	<b>Walzkraft</b>	38
7.2	<b>Bestimmung der Ausbeulung der Breitseiten aufgrund des Innendruckes</b>	43
7.3	<b>Übertragbarkeit der Ergebnisse</b>	44
8	<b>Numerische Simulation des Walzens stranggegossener Brammen mit und ohne Innendruck mit der Finite-Elemente-Methode</b>	46
8.1	<b>Grundlagen</b>	47
8.2	<b>Das FEM-Programm Larstran</b>	48
8.2.1	<b>Modellierung von Walze und Walzgut</b>	49
8.2.2	<b>Einziehbedingung</b>	49
8.3	<b>Grenzen der Spannungsanalyse mit starrplastischem Stoffgesetz</b>	50
8.4	<b>Ergebnisse der FEM-Berechnungen</b>	51
8.4.1	<b>Walzen von Rechteckrohren ohne Innendruck</b>	51
8.4.1.1	<b>Variation der Wanddicke</b>	51

	<b>XI</b>
8.4.1.1.1 <b>Walzkraft, Breitung und Durchbiegung der Breitseiten</b>	<b>51</b>
8.4.1.1.2 <b>Vergleichsspannung und Vergleichsformänderung</b>	<b>52</b>
8.4.1.1.3 <b>Vergleichsformänderungsgeschwindigkeit</b>	<b>53</b>
8.4.1.2 <b>Variation der Probenbreite und der Höhenabnahme</b>	<b>54</b>
8.4.1.3 <b>Werkstoffeinfluß</b>	<b>55</b>
8.4.2 <b>Einfluß des Innendrucks auf den Walzprozeß</b>	<b>56</b>
8.4.2.1 <b>Geometrie der umgeformten Proben mit 7,5 mm Wanddicke</b>	<b>56</b>
8.4.2.2 <b>Vergleichsspannung und Vergleichsformänderung der Proben mit 7,5 mm Wanddicke</b>	<b>57</b>
8.4.2.3 <b>Geometrie, Vergleichsspannung und Vergleichsformänderung der umgeformten Proben mit 20 mm Wanddicke</b>	<b>58</b>
<b>9 Zusammenfassung</b>	<b>59</b>
<b>10 Schrifttum</b>	<b>62</b>
<b>11 Bilder</b>	<b>66</b>