

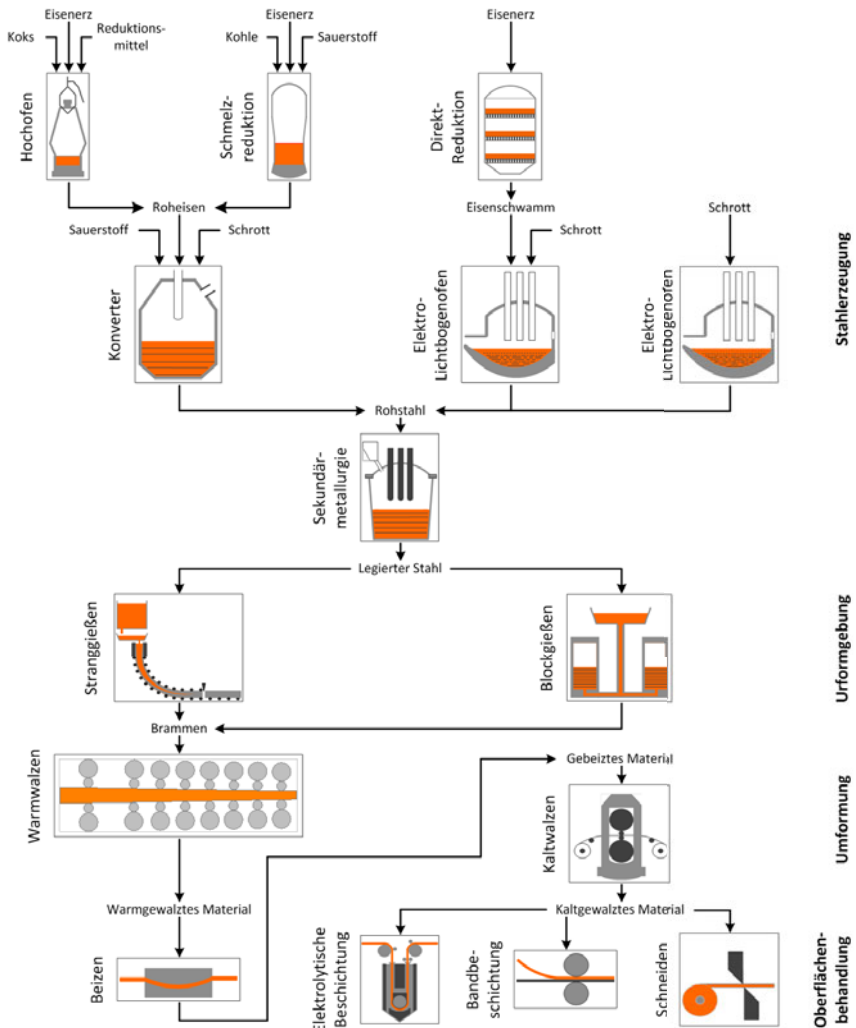
2 Produktionsumfeld der stahlerzeugenden Industrie

In diesem Kapitel wird das Stranggießen als wesentlicher Urformgebungsprozess eingeführt und in die Produktionsprozesse der stahlerzeugenden Industrie eingeordnet. Hierbei wird besonders die Bedeutung von Brammen als wesentliches Zwischenprodukt einer Vielzahl von Prozessrouten herausgearbeitet. Anschließend werden die aus der Einordnung resultierenden Charakteristika des Stranggießens dargestellt und produktionstheoretisch eingeordnet. In der Folge werden Anforderungen, welche bei der Belegungsplanung von Stranggießanlagen zu berücksichtigen sind, abgeleitet.

2.1 Produktionsprozesse der stahlerzeugenden Industrie

Die Produktionsprozesse der stahlerzeugenden Industrie werden in vier Phasen unterteilt. In der ersten Phase wird flüssiger Rohstahl erzeugt. In der zweiten Phase wird der Rohstahl durch Gießverfahren erstmalig in eine Form gebracht. Hierbei werden insbesondere Abmessungen und Gewicht der resultierenden Halbzeuge eingestellt. In der dritten Phase werden die aus dem Gießen resultierenden Halbzeuge umgeformt. Wesentliche Umformverfahren sind hierbei das Walzen und das Schneiden. Die vierte Phase umfasst abschließend die Oberflächenbehandlung der in die finale Form gebrachten Halbzeuge. Die Produktionsprozesse sind in Abbildung 2.1 dargestellt. Im Folgenden werden die Phasen näher beschrieben. Im Anschluss an die Beschreibung der Phasen werden typische Bestandteile eines integrierten Hüttenwerkes am Beispiel der Salzgitter Flachstahl GmbH konkretisiert.¹⁵

¹⁵ Die Salzgitter Flachstahl GmbH war als Praxispartner in die vorliegende Arbeit eingebunden.

Abbildung 2.1: Produktionsprozesse der stahlerzeugenden Industrie¹⁶

2.1.1 Erzeugung flüssigen Rohstahls

Die Erzeugung flüssigen Rohstahls erfolgt in einem zweistufigen Prozess. Zunächst wird auf einer von **vier** möglichen **Verfahrensrouten** flüssiger, in seiner chemischen Legierung grob eingestellter Rohstahl hergestellt. In der nachfolgenden **Sekundär-**

¹⁶ Eigene Darstellung in Anlehnung an Degner et al. (2007), S. 28

metallurgie wird der Stahl mit verschiedenen zweckgerichteten Behandlungsverfahren an erhöhte Qualitätsanforderungen angepasst.¹⁷

Die erste Verfahrensrouten der Rohstahlerzeugung ist die Route der **Koks metallurgie**. Diese Verfahrensrouten umfasst zwei Produktionsstufen. Die erste Produktionsstufe ist der **Hochofen**. In einem Hochofen wird Eisenerz mit Hilfe von Koks und zusätzlichen Reduktionsmitteln zu Roheisen reduziert. Hierzu werden die festen Einsatzstoffe an der Oberseite eines kontinuierlich arbeitenden Schachtofens eingebracht. Die Einsatzstoffe werden im Gegenstromprinzip mit 1.300 °C heißer Luft von unten erhitzt, so dass eine exotherme Reaktion zwischen den Einsatzstoffen ausgelöst wird. Diese Reaktion hat zwei Folgen. Einerseits schmelzen die festen Einsatzstoffe. Andererseits werden unerwünschte Restbestandteile des Erzes¹⁸ vom Roheisen getrennt und in die Schlacke überführt. Das flüssige Roheisen wird durch Abstiche am unteren Ende des Hochofens entnommen. Basierend auf Dichteunterschieden werden hierbei das erwünschte Roheisen und die produktionstechnisch notwendige, aber für die weitere Verarbeitung unerwünschte Schlacke voneinander getrennt. Anschließend wird das Roheisen in speziellen Transportgefäßen, zumeist Torpedopfannen, zur nachfolgenden Produktionsstufe transportiert. Die zweite Produktionsstufe der Verfahrensrouten ist der **Konverter**. In diesem feuerfesten, kippbaren Stahlgefäß mit einem Fassungsvermögen von bis zu 400 t werden das flüssige Roheisen und zusätzlich hinzugegebener fester Schrott miteinander gemischt. In dieses Gemisch wird Sauerstoff eingeblasen. Das Ziel des Blasprozesses ist es, Begleitelemente wie Kohlenstoff, Silizium, Mangan und Phosphor selektiv aus dem Roheisen zu entfernen.¹⁹ Weiterhin wird die Zusammensetzung des beim Blasprozess entstehenden Rohstahls²⁰ durch den Einsatz verschiedener Schrotte und weiterer Legierungsmittel grob konfiguriert. Durch den Blasprozess entsteht nochmals Schlacke. Diese enthält die nicht im Stahl erwünschten Begleitelemente. Durch unterschiedliche Kippvorgänge des Konverters lassen sich Schlacke und Rohstahl auf Basis der ihnen innewohnenden Dichteunterschiede voneinander trennen. Der Rohstahl wird dabei in sogenannte Rohstahlpfannen abgekippt und kann als Ergebnis der Koks metallurgie weiterverarbeitet werden.²¹

¹⁷ Vgl. Verein Deutscher Eisenhüttenleute (2002), S. 67

¹⁸ Diese Restbestandteile werden auch Gangart genannt.

¹⁹ Dieser Vorgang wird auch als „Frischen“ bezeichnet. Vgl. Verein Deutscher Eisenhüttenleute (2002), S. 28

²⁰ Roheisen und Rohstahl werden anhand des enthaltenen Kohlenstoffanteils voneinander unterschieden. Roheisen ist eine Eisen-Kohlenstoff-Legierung mit mehr als 2% Kohlenstoff, deren Gehalte an anderen Elementen gleich oder kleiner sind als die [...] angegebenen Grenzwerte.“(Normenausschuß Eisen und Stahl (FES) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V (1991), S. 2) Stahl ist hierbei ein „Werkstoff, dessen Massenanteil an Eisen größer ist als der jedes anderen Elementes, dessen Kohlenstoffgehalt kleiner als 2% ist und andere Elemente enthält.“ (Normenausschuß Eisen und Stahl (FES) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V (2000), S. 2)

²¹ Vgl. Degner et al. (2007), S. 52ff. und Wirtschaftsvereinigung Stahl (2012b)

Die zweite Verfahrensrouten ist die Route der **Kohlemetallurgie**. Die technologische Idee dieser Verfahrensrouten ist die Substitution des kostenintensiven Kokseinsatzes im Hochofen durch den Einsatz von Kohle als Primärenergieträger. Die Verfahrensrouten umfasst prinzipiell zwei Produktionsstufen. Die erste Produktionsstufe ist die **Schmelzreduktion**. Hier wird aus den Einsatzstoffen Eisenerz, Kohle und Sauerstoff flüssiges Roheisen gewonnen. Wesentliche Verfahren der Schmelzreduktion sind der Corex-Prozess und der Finex-Prozess.²² Beim Corex-Prozess wird zunächst Stückerz unter Verwendung von Kohle und Sauerstoff zu Eisenschwamm²³ reduziert. Im Finex-Prozess wird anstelle des Stückerzes Feinerz²⁴ in einem mehrstufigen Wirbelschichtverfahren zu Eisenschwamm reduziert. In beiden Prozessen wird der erzeugte Eisenschwamm anschließend in einem Einschmelzvergaser unter Einblasen von Sauerstoff zu flüssigem Roheisen reduziert.²⁵ Als zweite Prozessstufe der Verfahrensrouten schließt sich wie bei der Koksmetallurgie der Konverter an. Das Ergebnis der Kohlemetallurgie sind demnach mit flüssigem Rohstahl gefüllte Rohstahlpfannen.²⁶

Die dritte Verfahrensrouten ist die Route der **Direktreduktionsmetallurgie**. Diese Verfahrensrouten umfasst zwei Produktionsstufen. Die erste Produktionsstufe ist die **Erzeugung von festem Eisenschwamm** durch die Reduktion von Eisenerz. Zur Erzeugung von festem Eisenschwamm sind zwei grundsätzliche Verfahren bekannt. Diese sind zum einen die Gasreduktion und zum anderen die Feststoffreduktion. Wesentlicher Unterschied beider Verfahren ist das eingesetzte Reduktionsmittel sowie die daraus resultierende technische Realisierung der Reduktionsprozesse. So basiert die Gasreduktion auf dem Einsatz von wasserstoffreichem Reduktionsgas, während bei der Feststoffreduktion sowohl Kohle als auch Kunststoffe zur Reduktion von Stückerz und Feinerz zu Eisenschwamm angewendet werden. Die zweite Produktionsstufe der Verfahrensrouten ist der **Elektro-Lichtbogenofen**. Ein Elektro-Lichtbogenofen besteht aus einem kippbaren, feuerfest ausgemauerten Ofengefäß mit einem Fassungsvermögen von bis zu 200 t. In dieses Gefäß werden mittels Chargierkörben fester Eisenschwamm, Schrott und weitere Legierungselemente eingebracht.²⁷ Anschließend wird über in das Ofengefäß eingefahrte Elektroden und unter Verwendung elektrischen Stroms ein Lichtbogen erzeugt. Die Temperatur des Lichtbogens lässt die im Ofengefäß enthaltenen Feststoffe einschmelzen. Der Schmelzprozess kann über das Einblasen von Sauerstoff unterstützt und beschleunigt werden.

²² Für weitere Verfahren der Schmelzreduktion vgl. Degner et al. (2007), S. 47ff.

²³ Eine weitere Bezeichnung von Eisenschwamm ist „Direct Reduced Iron“ (DRI – direkt reduziertes Eisen)

²⁴ Feinerz und Stückerz unterscheiden sich in der Korngröße der Erze. Feinerz besitzt eine deutlich geringere Korngröße als Stückerz.

²⁵ Vgl. Degner et al. (2007), S. 40ff.

²⁶ Vgl. Degner et al. (2007), S. 47ff.

²⁷ Teilweise wird auch flüssiges Roheisen unter Zugabe von Schrotten, Zuschlagsstoffen und Legierungselementen in Elektro-Lichtbogenöfen verarbeitet (vgl. Degner et al. (2007), S. 62).

nigt werden. Durch den Schmelz- und Blasprozess werden unerwünschte Elemente aus dem Rohstahl gelöst. Sie entweichen gasförmig oder werden in der Schlacke gebunden. Am Ende des Schmelzprozesses werden Rohstahl und Schlacke basierend auf ihrem Dichteunterschied durch unterschiedlich gerichtete Kippvorgänge des Ofengefäßes voneinander getrennt. Der Rohstahl wird dabei in Rohstahlpfannen umgefüllt und kann als Ergebnis der Direktreduktionsmetallurgie weiterverarbeitet werden.²⁸

Die vierte Verfahrensrouten ist die Route der **Schrottmetallurgie**. Diese Verfahrensrouten umfasst eine Produktionsstufe, den Elektro-Lichtbogenofen. In dieser Verfahrensrouten werden Schrotte, Zuschläge, Reduktionsmittel und Legierungselemente in das Ofengefäß eingebracht. Im Gegensatz zur Direktreduktionsmetallurgie entfällt in dieser Verfahrensrouten die Erzeugung von Eisenschwamm. Nach dem Einfüllen der Einsatzstoffe in das Ofengefäß erfolgt der Stahlerzeugungsprozess äquivalent zur zweiten Stufe der Direktreduktionsmetallurgie. Dementsprechend sind das Ergebnis der Verfahrensrouten der Schrottmetallurgie ebenfalls Rohstahlpfannen, welche mit weiterverarbeitungsfähigem flüssigen Rohstahl gefüllt sind.²⁹

Die vier Verfahrensrouten haben in der stahlerzeugenden Industrie eine unterschiedliche wirtschaftliche Bedeutung. Die am häufigsten eingesetzte Verfahrensrouten ist die Koksmetallurgie mit einem Mengenanteil von ca. 69,2 % an der weltweiten Stahlerzeugung im Jahr 2011. Die zweite wesentliche Verfahrensrouten ist die Schrottmetallurgie mit einem Mengenanteil von ca. 29,0 % im Jahr 2011.³⁰ Die Verfahrensrouten der Kohle- und der Direktreduktionsmetallurgie sind bislang von untergeordneter Bedeutung.³¹

Im Anschluss an jede der Verfahrensrouten erfolgt eine Behandlung des erzeugten Rohstahls in der **Sekundärmetallurgie** mit dem Ziel, den Rohstahl auf höhere Qualitätsanforderungen einzustellen. Die Behandlung umfasst eine Vielzahl von Aufgaben. Wesentlich sind hierbei die Einstellung der Legierung, die Homogenisierung der Temperatur sowie die Entfernung unerwünschter Elemente.³² Die Einstellung der Legierung erfolgt dabei zumeist über die weitere Zugabe von Legierungsmitteln in stückiger Form, als Gas oder als Draht. Die Homogenisierung der Temperatur wird über das Einblasen von Gasen mittels Bodenspülung oder mittels einer Lanze, über eine induktive Erhitzung mittels elektromagnetischer Spulen sowie über eine Erhitzung mittels elektrischer Lichtbögen erreicht. Das Entfernen unerwünschter Elementen

²⁸ Vgl. Degner et al. (2007), S. 40ff.

²⁹ Vgl. Degner et al. (2007), S. 29ff. und Wirtschaftsvereinigung Stahl (2012b)

³⁰ Vgl. World Steel Association (2011), S. 26ff.

³¹ Vgl. Degner et al. (2007), S. 52ff.

³² Hierzu gehören die Tiefentkohlung, die Entschwefelung, die Entphosphorung, die Desoxidation, die Entgasung und die Entfernung von Spurenelementen (vgl. Degner et al. (2007), S. 69ff.).

te kann über Vakuumbehandlungen oder das Auslösen chemischer Bindungsreaktionen mittels Legierungselementen erreicht werden. Nach Abschluss der Behandlung in der Sekundärmetallurgie ist jede Stahlpfanne mit einem Fassungsvermögen von bis zu 400 t mit homogenem, chemisch vollständig eingestelltem, flüssigem Stahl gefüllt.³³ Hinsichtlich der Legierung werden ca. 2.000 Stahlsorten unterschieden.³⁴ Die Stahlpfannen werden in der nachfolgenden Urformgebung weiterverarbeitet.

2.1.2 Urformgebung

Das Ziel der Urformgebung ist es, den flüssigen Rohstahl erstmals in einzelne, verarbeitungsfähige, feste Roherzeugnisse umzuwandeln. Die Urformgebung von Stahl geschieht über Gießprozesse. Hierbei werden zwei Verfahren unterschieden. Dies sind das Stranggießen und das Blockgießen.³⁵

Beim **Stranggießen** werden die aus der Sekundärmetallurgie kommenden Rohstahlpfannen in einen Drehturm eingesetzt. Dieser befördert die Pfannen über eine **Verteilerrinne**. Anschließend wird der in der Stahlpfanne enthaltene flüssige Rohstahl durch eine Bodenöffnung aus der Rohstahlpfanne in die Verteilerrinne gegossen. Die Verteilerrinne dient als Puffer für flüssigen Rohstahl zwischen der Rohstahlpfanne und der eigentlichen Gießmaschine. Nachdem eine Rohstahlpfanne vollständig entleert wurde, kann daher eine weitere Rohstahlpfanne über der Verteilerrinne platziert und geöffnet werden ohne den Gießprozess zu unterbrechen. Hierbei vermischen sich die Legierungen der aufeinanderfolgenden Stahlpfannen. Aus der Verteilerrinne gelangt der Stahl in eine wassergekühlte, oszillierende, verstellbare **Kupferkokille**. Die Kühlung der Kokille führt an der Kontaktfläche von Rohstahl und Kokille zur Bildung einer festen Strangschale. Die Oszillation der Kokille verhindert ein Anhaften der Strangschale an der Kokille. Die Form und Größe der Kokille definiert den Querschnitt des entstehenden Stahlstrangs.³⁶ Bei einem rechteckigen Strangquerschnitt kann die Kokille oftmals in der Breite verstellt werden und damit der Querschnitt des entstehenden Stahlstranges kontinuierlich während des Gießprozesses verändert werden. Vor dem Gießbeginn wird der Kokillenboden mit dem Kaltstrang, einer Gliederkette, verschlossen. Der Kaltstrang sowie der langsam erstarrende Stahlstrang werden zunächst mit Hilfe von Treibrollen aus der Kokille gezogen. Bei diesem Transportprozess durch die **Abkühlzone** wird der Strang zum einen mit Hilfe von Rollen aus der ursprünglichen senkrechten Transportrichtung in die Waagerechte

³³ Vgl. Wirtschaftsvereinigung Stahl (2012b)

³⁴ Vgl. Degner et al. (2007), S. 2

³⁵ Ein weiteres, aktuell in der Forschung befindliches Verfahren ist das Sprühkompaktieren. Dieses Verfahren wird bislang allerdings nicht industriell eingesetzt und daher an dieser Stelle nicht weiter vertieft. (vgl. Degner et al. (2007), S. 88)

³⁶ In Stranggießanlagen lassen sich rechteckige, quadratische, runde und vieleckige Querschnitte sowie Vorprofile für Formstahl erzeugen (vgl. Degner et al. (2007), S. 82).

gelenkt.³⁷ Zum anderen wird der Strang weiterhin von außen mit Wasser gekühlt. Am Ende des Transportprozesses ist der Strang vollständig erstarrt. Zur weiteren Verarbeitung wird der Stahlstrang am Ende des Transportprozesses mit Hilfe von **Brennschneidern** in kleinere Roherzeugnisse unterteilt.³⁸ Hierbei wird auch der Kaltstrang abgetrennt. Nach dem Schneideprozess werden die Roherzeugnisse zur weiteren Verarbeitung umgelagert und weitertransportiert. Eine schematische Darstellung einer Stranggießanlage ist in Abbildung 2.2 gegeben.

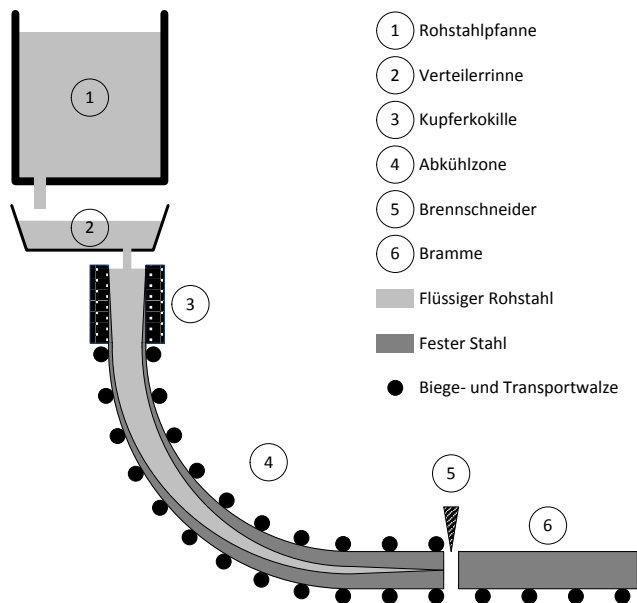


Abbildung 2.2: Schematische Darstellung einer Stranggießanlage³⁹

Ist der Strangquerschnitt rechteckig und ist die Roherzeugnisbreite mindestens doppelt so groß wie die Roherzeugnisdicke, dann werden die am Ende des Schneidprozesses entstehenden quaderförmigen Roherzeugnisse als Brammen bezeichnet.⁴⁰ Brammen sind bis zu 2.500 mm breit, bis zu 400 mm dick und bis zu 40 t schwer.⁴¹

³⁷ Je nach Radius der zur Richtungsänderung notwendigen Kreis- oder Ovalbögen werden drei Bauformen von Stranggießanlagen unterscheiden. Dies sind Senkrechtabbiege-, Kreisbogen oder Ovalbogen-Anlagen. Darüber hinaus gibt es Senkrecht-Anlagen, bei denen die Transportrichtung des Stranges nicht geändert wird. (vgl. Degner et al. (2007), S. 82)

³⁸ Die Bezeichnung der Roherzeugnisse richtet sich dabei nach dem Strang-Querschnitt sowie dem jeweiligen Breiten-Längen- Verhältnis.

³⁹ Eigene Darstellung in Anlehnung an Degner et al. (2007), S. 77

⁴⁰ Weitere Roherzeugnisse sind quadratisches (Knüppel), rechteckiges (Vor- und Schmiedeböcke), flaches, rundes und vorprofiliertes Halbzeug (vgl. Degner et al. (2007), S. 97).

⁴¹ Vgl. Degner et al. (2007), S. 82

Neben dem Stranggießen von Brammen werden unter der Bezeichnung des endabmessungsnahen Gießens drei weitere Arten des kontinuierlichen Gießens von Stahl mit rechteckigem Strangquerschnitt unterschieden. Diese sind das Dünnbrammengießen, das Vorbandgießen sowie das Bandgießen. Der grundsätzliche Gießvorgang der Prozesse entspricht dem Stranggießen, allerdings wird eine geringere Strangdicke angestrebt. So beträgt die Gießdicke beim Vorbrammengießen zwischen 50 mm und 90 mm, beim Vorbandgießen zwischen 10 mm und 15 mm sowie beim Dünnbandgießen zwischen 1 mm und 5 mm. Darüber hinaus schließt sich an den Gießvorgang direkt eine Walzstraße zum Warmwalzen der hergestellten Halbzeuge an.⁴²

Beim zweiten wesentlichen Gießverfahren, dem **Blockgießen**, wird der in einer Stahlpfanne enthaltene Rohstahl über eine Bodenöffnung direkt in sich nach oben verjüngende Dauerformen von quadratischem, rechteckigem, rundem, ovalem oder vieleckigem Querschnitt abgegossen. Der Stahl erstarrt in der Form und wird anschließend weiterverarbeitet.

Das Stranggießen ist in der Stahlindustrie das wichtigste der genannten Urformgebungsverfahren. So wurden im Jahr 2011 ca. 93,8 % des weltweit erzeugten Stahls durch das Stranggießen urgeformt.⁴³ Hierfür gibt es drei wesentliche Gründe. Erstens kann das Ausbringen von Walzprodukten je Tonne Flüssigstahl im Vergleich zum Blockgießen um bis zu 10 % gesteigert werden. Zweitens ist das Stahlgefüge, welches durch den Strangguss erzielt wird, homogener als das des Blockgießens. Drittens kann das Stranggießen automatisiert werden, um eine kontrollierte, gleichmäßige Produktion zu erzielen.⁴⁴

Die durch das Gießen erzielten Roherzeugnisse sind von unterschiedlicher mengenbezogener Wichtigkeit. Im Jahr 2008 entfielen 48,7 % der weltweiten Gießereiherzeugung auf Brammen, 36,8 % auf Knüppel, 7,5 % auf Schmiedeblocke und 6,8 % auf Vorblöcke. Demnach sind Brammen in der weltweiten Stahlerzeugung das wichtigste Roherzeugnis von Stranggießanlagen.⁴⁵

Die in der Urformgebung erzeugten Roherzeugnisse besitzen in der Regel keine für Stahlverbraucher verwendbare Form. Ebenso entsprechen die aus dem Stahlgefüge resultierenden technischen Eigenschaften zumeist nicht den Anforderungen von Stahlverbrauchern. Um die Produkteigenschaften entsprechend einzustellen, durchlaufen die Roherzeugnisse daher weitere Stufen der Umformung und Oberflächenbehandlung.

⁴² Das Warmwalzen wird in Abschnitt 2.1.3 genauer dargestellt.

⁴³ Vgl. World Steel Association (2012)

⁴⁴ Vgl. Degner et al. (2007), S. 82ff.

⁴⁵ Vgl. Allwood et al. (2012), S. 54

2.1.3 Umformung

Das Ziel der Umformung ist die „Überführung einer gegebenen Roh- oder Werkstückform in eine andere Zwischen- oder Fertigteilform“⁴⁶. Hierbei werden die Abmessungen des Werkstücks sowie die technischen Eigenschaften des Stahlgefüges eingestellt. Das wichtigste Umformverfahren der stahlerzeugenden Industrie ist das Walzen. So wurden im Jahr 2011 91,6 % des in Deutschland erzeugten Rohstahls als Walzstahlerzeugnisse weiterverarbeitet.⁴⁷ Eine weitere wichtige Form des Umformens ist das Schneiden. Die beiden Umformverfahren werden im Folgenden näher beschrieben.⁴⁸

Das Walzen wird in das Warm- und das Kaltwalzen unterteilt. So wird beim Warmwalzen das zu walzende Halbzeug auf bis zu 1.250 °C⁴⁹ erwärmt und oberhalb seiner Rekristallisationstemperatur umgeformt. In der Folge bildet sich das Gefüge des Stahls neu, wodurch zum einen kaum Verfestigungen im Material auftreten und zum anderen ein geringer Widerstand gegen die Umformung vorliegt. Beim Kaltwalzen liegt die Temperatur des zu walzenden Halbzeugs unterhalb der Rekristallisationstemperatur. In der Folge verzerrt sich das Kristallgefüge. So entstehen Verfestigungen im Material und die Härte des Materials nimmt zu. Ist die Umformung zu stark, kann das Material allerdings brechen.⁵⁰

Das Warmwalzen erfolgt auf Warmwalzstraßen. Warmwalzstraßen lassen sich anhand der auf ihnen zu erzeugenden Produkte differenzieren. Hierbei wird zwischen Walzstraßen zur Erzeugung von Profil- und Flachstahlerzeugnissen unterschieden. Profilstahlerzeugnisse, auch Langerzeugnisse genannt, umfassen dabei Erzeugnisse von Grobstraßen, Stabstahl sowie Walzdraht. Erzeugnisse von Grobstraßen beinhalten Gleisoberbauerzeugnisse, Formstahl, Breitflanschträger und Spundbohlen.⁵¹ Flachstahlerzeugnisse sind hingegen Stahlerzeugnisse mit rechteckigem Produktquerschnitt, deren Breite ein Vielfaches der Dicke beträgt. Flacherzeugnisse umfassen Breitflachstahl, Grobblech und Warmbreitband. Breitflachstahlerzeugnisse sind zwischen 150 mm und 1250 mm breit, mehr als 4 mm dick und werden an vier Seitenflächen gewalzt.⁵² Grobblecherzeugnisse sind plane Bleche mit einer Dicke von mindestens 3 mm. Warmbreitbanderzeugnisse sind zu Coils gehaspelte Stahlbänder

⁴⁶ Degner et al. (2007), S. 92

⁴⁷ Vgl. Wirtschaftsvereinigung Stahl (2012a)

⁴⁸ Weitere wichtige Umformverfahren sind das Schmieden, Pressen und Ziehen (vgl. Degner et al. (2007), S. 92ff.).

⁴⁹ Vgl. Rehkopf (2006), S. 25

⁵⁰ Vgl. Degner et al. (2007), S. 89

⁵¹ Gleisoberbauerzeugnisse und Spundbohlen sind Erzeugnisse schwerer Profilstraßen. Breitflanschträger sind Erzeugnisse von Trägerstraßen.

⁵² Breitflachstahlerzeugnisse werden in Grobblechstraßen erzeugt.

mit einer Breite von mehr als 600 mm. In Abbildung 2.3 ist ein Überblick über Warmwalzstraßen zur Erzeugung von Fertigerzeugnissen gegeben.⁵³

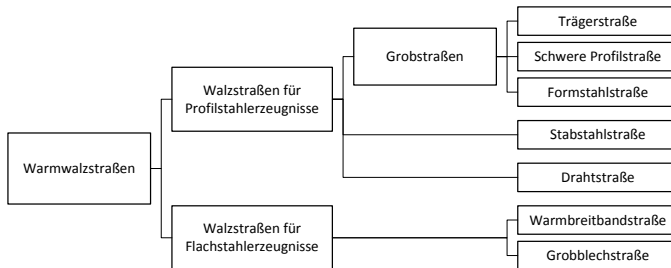


Abbildung 2.3: Klassifikation von Warmwalzstraßen⁵⁴

Obwohl eine erzeugnisabhängige Vielzahl von Warmwalzstraßen existiert, sind Warmwalzstraßen hinsichtlich der in ihnen ablaufenden Umformprozesse ähnlich aufgebaut.⁵⁵ Im Folgenden werden die Umformprozesse von Warmwalzstraßen am Beispiel einer Warmbreitbandstraße detailliert dargestellt. In einer **Warmbreitbandstraße** werden Brammen in **bis zu acht Verarbeitungsstufen** in Warmbreitband umgeformt. Die erste Verarbeitungsstufe beinhaltet einen oder mehrere Öfen, in denen eine eingesetzte Bramme auf die notwendige Walztemperatur von ca. 1.250 °C erhitzt wird. Über einen Rollgang wird die Bramme zu und durch die nachgelagerten Verarbeitungsstufen transportiert. Die zweite Verarbeitungsstufe ist der Zunderwäscher. Hier wird mittels Wasserdruck die Oberfläche der Bramme von oxidierten Schichten befreit. Die dritte Verarbeitungsstufe ist die Stauchpresse. In der Stauchpresse kann die Breite der Bramme verschnittfrei reduziert werden. Die vierte Stufe ist eine Vorstraße. In der Vorstraße wird die Bramme in einem reversierenden, mehrstichigen Prozess zu Vorband mit einer Dicke von ca. 45 mm gewalzt. Die fünfte Stufe ist eine Schopfschere, welche den Anfang des Vorbandes, der durch den vorhergehenden Walzvorgang deformiert ist, abtrennt. Die sechste Stufe ist die automatisierte Fertigstaffel. In der Fertigstaffel wird das Vorband über bis zu sieben Walzgerüste gewalzt, um die abschließende Warmbreitbanddicke zu erreichen. Die siebente Verarbeitungsstufe ist die Kühlstrecke. In der Kühlstrecke wird das Warmbreitband durch das Aufbringen von Wasser auf die Haspeltemperatur gekühlt. Die abschließende achte Verarbeitungsstufe ist der Haspel. Der Haspel wickelt das gekühlte Warmbreitband zu Coils.⁵⁶

⁵³ Vgl. Südkamp (1995), S.151ff und Degner et al. (2007), S. 97ff

⁵⁴ Eigene Darstellung in Anlehnung an Südkamp (1995), S. 151

⁵⁵ Vgl. Degner et al. (2007), S. 103

⁵⁶ Vgl. Salzgitter Flachstahl GmbH (2013n)

Auftragsbasierte Belegungsplanung von
Stranggießanlagen in der stahlerzeugenden Industrie

Wichmann, M.

2014, XXV, 164 S. 12 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-658-04294-3