

Christophe Knebler

Wichtige technische Beiträge der ARBED zur Stahlherstellung

Die Eisen- und Stahlindustrie war neben der Textilindustrie und dem Bergbau einer der ersten Wirtschaftszweige, in dem durch technologische Innovationen eine Industrialisierung stattfand. Mittels technischer Weiterentwicklungen konnten im Laufe der Jahrzehnte immer wieder die Produktionskapazitäten und die Produktpalette der Stahlwerke vergrößert und die Produktion- und Weiterverarbeitungsverfahren in der Stahlindustrie verbessert werden. Auch die ARBED hat im Laufe ihrer Geschichte mehrere wichtige technische Beiträge im Bereich der Stahlherstellung geleistet.

Eine Aufzählung aller technischen Innovationen der ARBED im Bereich der Stahlherstellung würde sicherlich ausreichen, um ein ganzes Buch zu füllen. Die nachfolgenden Beispiele dienen deshalb eher als Veranschaulichung des technischen Innovationsgeistes, welcher es der ARBED ermöglichte ihre Position auf den Weltmärkten zu behaupten und auszubauen und welcher die Stahlherstellung weltweit mitgeprägt hat. Weitere technische Highlights, wie z. B. der von der ARBED Tochtergesellschaft Paul Würth SA entwickelte glockenlose Gichtverschluss, mit dem ab 1972 Hochöfen in der ganzen Welt ausgerüstet wurden, werden in diesem Kontext nicht behandelt.

Ursprünge der Stahlherstellung in Luxemburg¹

Viele technische Innovationen der ARBED sind dadurch bedingt, dass wichtige neue Produktionsverfahren oftmals nicht kompatibel mit dem örtlichen phosphorhaltigen Minette-Erz sind. Dieses Problem stellt sich seit den Anfängen der Roheisenherstellung in Luxemburg.

So ermöglichte das bereits seit Mitte des 19. Jahrhunderts angewandte Bessemer-Verfahren zur Stahlherstellung es nicht, aus dem phosphorreichen luxemburgischen Roheisen Stahl herzustellen. Erst durch die Erfindung des englischen Thomas-Verfahrens im Jahre 1879 konnte ab 1886 erstmalig Stahl in Luxemburg hergestellt werden.

Beim Thomas-Verfahren handelt es sich im eigentlichen Sinne um eine geringe Abwandlung des Bessemer-Verfahrens, da lediglich die Auskleidung des Konverters auf Dolomit umgestellt und eine Anlage für die Kalkzugabe angeschafft werden musste.

Ähnliche Abwandlungen von bereits existierenden Verfahren sollten in der Geschichte der ARBED mehrmals entwickelt werden, damit die phosphorhaltigen Minette-Erze auch weiterhin mit dem neuesten Stand der Technik in Luxemburg verhüttet werden können. Ein gutes Beispiel hierfür bietet das LDAC-Verfahren.

Das LDAC-Verfahren²

Um aus Roheisen Stahl zu machen, muss der hohe Kohlenstoffgehalt herabgesetzt werden sowie unerwünschte Begleitstoffe wie Schwefel, Silizium und Phosphor weitgehend entfernt werden.

Bis in die 1950er Jahre gab es hierfür zwei große Verfahren:

1) Das Siemens-Martin-Verfahren, welches mengenmäßig das bedeutendste war, erlaubte es, die besten Qualitäten zu erzielen und große Mengen von Schrott zu verwenden.

2) Das Windfrischen, welches in Form des bereits erwähnten Thomas-Verfahrens u. a. in Luxemburg angewandt wurde. Dieses Verfahren war zwar rascher in der Produktion, doch die Qualität des Stahls war weniger gut und der mögliche Schrotteinsatz geringer.

Beide Verfahren hielten sich nebeneinander, bis 1952 das Sauerstofffrischen, das in Österreich entwickelte LD(Linz-Donawitz)-Verfahren, eingesetzt wurde. Besagtes Verfahren war benannt

Christophe Knebler, Historiker, arbeitet z. Z. als Pressereferent beim LCGB. Neben seinen zwei Diplomarbeiten über die Eisenerzindustrie in Luxemburg und Lothringen ist er zusammen mit Denis Scuto Mitautor des Ende 2010 veröffentlichten Buches *Belval. Passé, présent et avenir d'un site luxembourgeois exceptionnel (1911-2011)*.

nach den beiden Orten, in deren Eisenhütten es entwickelt worden war. Beim LD-Verfahren bläst eine Lanze von oben reinen Sauerstoff auf das flüssige Metallbad und erlaubt somit, die Qualität des Siemens-Martin-Stahls zu erreichen.

Da das LD-Verfahren sich nur auf phosphorarmes Roheisen bezog, konnte es als solches nicht in Luxemburg angewandt werden. Dieser Tatbestand führte in den Jahren 1955-1957 im ARBED-Stahlwerk Düdelingen zur Entwicklung des LDAC(Linz-Donawitz-ARBED-Centre national de recherches métallurgiques de Liège)-Verfahrens, welches es erlaubte auch aus dem luxemburgischem phosphorreicherem Roheisen LD-Stahl herzustellen.

Beim LDAC-Verfahren wird pulverförmiger gebrannter Kalk (CA O) durch die Sauerstofflanze in das Bad geblasen, um so den Phosphor chemisch in der Schlacke zu binden. Die durch den reinen Sauerstoff bedingten heftigen Oxidationsreaktionen führen zu einer Erhöhung der Badtemperatur, so dass beim Sauerstoffblasen größere Schrottmengen aufgeschmolzen werden konnten. Im Laufe von 20 Jahren setzte sich das Sauerstoffblasen weltweit durch. In Luxemburg machte der LDAC-Stahl 1978 89,4 % der gesamten ARBED-Stahlproduktion aus. Ein Jahr zuvor, am 20. August 1977, wurde die Herstellung von Thomas-Stahl in Luxemburg definitiv eingestellt.

Das LBE-Verfahren³

Das LDAC-Verfahren hat genauso wie das LD-Verfahren den Nachteil der nicht genügenden Baddurchmischung. Dies führt hauptsächlich bei Niedrigkohlenstoffstählen zu höheren Energieverlusten und zum Mehreinsatz von Ferrolegierungen. Die zum LD konkurrierenden Verfahren hatten diesen Nachteil nicht, da der Sauerstoff in Anlehnung an das frühere Windfrischen von unten durch das flüssige Metallbad blies. In der Entphosphorierung und Entschwefelung behielt das LDAC-Verfahren aber einen leichten Vorteil.

Ab 1974 versuchte die ARBED in Luxemburg, beide Vorteile (genügende Baddurchmischung sowie Entphosphorierung und Entschwefelung) miteinander zu verbinden. Dies führte Ende der 1970er Jahre zur Entwicklung des LBE(Lance Bubbling Equilibrium)-Verfahrens.

Beim LBE-Verfahren wird mit dem Sauerstoff aus der Lanze gleichzeitig oder zeitlich differiert durch poröse Steine am Boden des Konverters Intergas (Stickstoff oder Argon) eingeblasen. Dieses sogenannte kombinierte Blasen war in Flexibilität und Qualität allen konkurrierenden Verfahren überlegen. Es erlaubte aus jeder Art Roheisen die verschiedenen gewünschten Stahlsorten zu erzeugen. Weitere wichtige Vorteile des LBE-Verfahrens waren der hohe Schrotteinsatz, die verringerten Eisenverluste und die bessere Ausbeutung der Legierungszusätze sowie die Möglichkeit, Stähle mit sehr niedrigem Kohlenstoffgehalt anzufertigen.

Aus diesen Gründen erreichte das LBE-Verfahren eine rasche und breite Anwendung. In Luxemburg wurden sämtliche Stahlwerke innerhalb von zwei Jahren auf das LBE-Verfahren umgerüstet.

Ab 1980 waren weltweit bereits über 50 Konverter mit einer Produktionskapazität von jährlich über 50 Millionen Tonnen auf das LBE-Verfahren umgestellt worden.

Das ALT-Verfahren⁴

Ab 1975 beschäftigte sich die ARBED vor allem mit der Zielsetzung, äußerst schwefelarmen Stahl herzustellen. Stähle mit extrem niedrigem Schwefelgehalt bieten nämlich eine höhere Zähigkeit und Dauerfestigkeit. Aus diesen Gründen entwickelten ARBED-Techniker und -Ingenieure in den Jahren 1978-1979 im ARBED-Hüttenwerk Düdelingen das ALT(ARBED Ladle Treatment)-Verfahren.

Das ALT-Verfahren ist Teil der sogenannten Pfannenmetallurgie. Bei der Pfannenmetallurgie handelt es sich um einen Sammelbegriff für verschiedene, alternativ oder in Abfolge anwendbare, verbessernde, metallurgische Maßnahmen des Stahls nach dem Frischen.

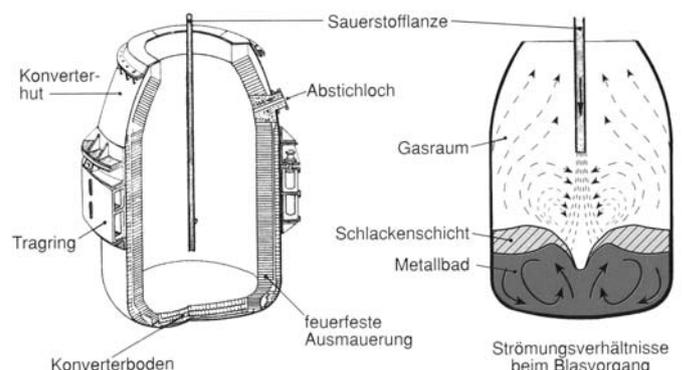
Zur Entschwefelung des Flüssigstahls wird das Roheisen in einem Pfannenofen (engl. *ladle*), der zum Aufheizen und Warmhalten des Flüssigstahls dient, zur ALT-Anlage befördert und mit einem Deckel geschlossen. Durch eine spezielle Öffnung in diesem Deckel kann nun anhand einer an einem Druckbehälter angeschlossenen feuerfesten Lanze der Schwefelgehalt im Flüssigstahl mittels Injektion von Kalziumsilikat (CaSi) oder Calciumcarbid (CaC₂) reduziert werden. Die Gesamtdauer dieser Nachbehandlung des Flüssigstahls beträgt 10 Minuten.

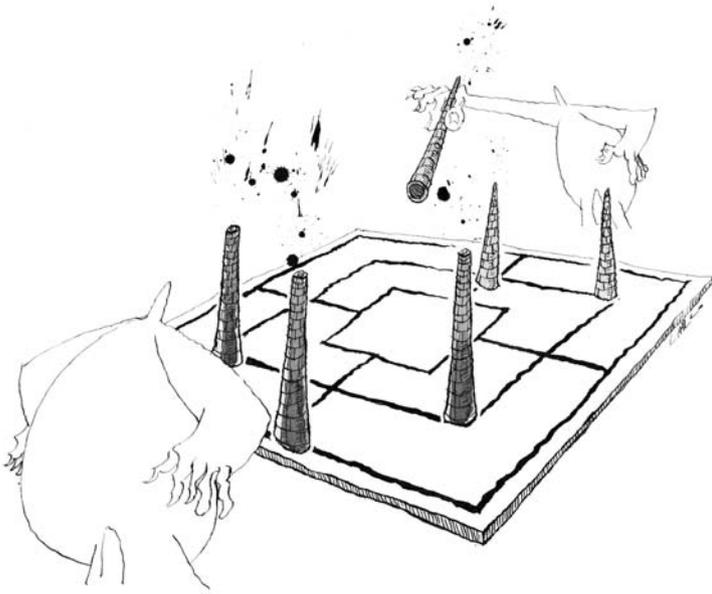
Das ALCI-Verfahren⁵

Um die Möglichkeit des Schrotteinsatzes im LBE-Verfahren noch weiter zu erhöhen und somit eine noch größere Flexibilität zu erreichen, entwickelten Luxemburger Techniker und Ingenieure Anfang der 1980er Jahre im ARBED-Hüttenwerk Belval das ALCI(ARBED Lance Coal Injection)-Verfahren.

Zur Erhöhung der Schrottschmelzkapazität beim LBE-Verfahren wird in einem Gasstrom von oben zusätzlich zum herkömmlichen Verfahren Kohlenstaub eingedüst. Mit einem Kilogramm

Sauerstofflaskonverter: entfernt Kohlenstoff, Silizium, Schwefel und Phosphor aus dem Roheisen (Quelle: www.stahl-online.de)





Kohlenstoff können somit weitere 7 kg Schrott aufgeschmolzen werden. Da das ALCI-Verfahren parallel zum Frischungsprozess verläuft, werden Stickstoff- und Schwefelgehalt durch den größeren Schrotteinsatz nicht erhöht.

Das ALCI-Verfahren bot eine höhere Flexibilität beim Einsatz von Schrott in der Stahlproduktion. So bestand jederzeit die Möglichkeit, bei einem hohen Angebot an Schrott, sprich bei niedrigen Schrottpreisen, möglichst viel Schrott bei der Stahlproduktion einzusetzen. Bei steigenden Schrottpreisen konnte aber auch wieder verstärkt auf Roheisen zurückgegriffen werden.

Das QST-Verfahren⁶

Eine regelmäßige technische Verbesserung und Erneuerung auf der Produktionsebene ermöglicht ebenfalls die Herstellung neuer innovativer Produktpaletten. Ein Beispiel hierfür ist die Entwicklung der HISTAR(High Strength ARBED)-Stähle.

Die Produktion von HISTAR-Stählen wurde durch die innovative Inline-Wärmebehandlung, das sogenannte QST(Quenching and Self-Tempering = Abschrecken und Selbstanlassen)-Verfahren, ermöglicht. Das QST-Verfahren wurde in den 1990er Jahren von ProfilARBED in Zusammenarbeit mit dem Centre de recherches métallurgiques in Lüttich entwickelt. Beim QST-Verfahren wird das gewalzte Produkt nach dem Fertigstich aus der Walzhitze heraus mit Wasser abgeschreckt. Bevor der Kern des gewalzten Produkts abgekühlt ist, wird die Abkühlung unterbrochen und das Walzstück im Randbereich durch die im Kern noch vorhandene Wärme angelassen.

Dank des QST-Verfahrens gelang ProfilARBED somit die Schaffung von Baustählen mit hoher Streckgrenze und ausgezeichneter Festigkeit bei niedrigen Temperaturen, die sich auch außergewöhnlich gut schweißen lassen. Die Kombination dieser Material-

eigenschaften galt bis zur Entwicklung der HISTAR-Stähle als unvereinbar.

Im Vergleich zu handelsüblichen Baustählen ermöglichen die hochfesten HISTAR-Stähle eine Reduzierung des Gewichts und somit der Materialkosten von Stahlkonstruktionen. Durch den Einsatz leichterer Profile sinken ebenso die Anarbeitungskosten und Montagezeiten.

Strategische Bedeutung der Forschung und Entwicklung in der Stahlindustrie

Diese kurzen Erläuterungen zu Verfahren und Methoden zeigen, dass die ARBED im Laufe der letzten hundert Jahre sehr wohl ihren Beitrag zur Weiterentwicklung der Technologie für die Stahlherstellung geleistet hat. Darüber hinaus stellt die hier geschilderte Entwicklung des LDAC-, LBE- und ALCI-Verfahrens ein sehr gutes Beispiel dafür dar, dass ein struktureller Nachteil durch kontinuierliche Erneuerung und wissenschaftlichen Aufwand in einen Vorteil gewandelt werden kann: Der hohe Phosphorgehalt im Erz erzwang eine Modifikation des LD-Verfahrens, welches zu Erfahrungen bei der Lanzenkonstruktion sowie der Förderung und Dosierung von staubförmigem Gut in einem Gasstrom führte.

Da die Technik in Industriebetrieben meistens sehr rasch voranschreitet, fällt der Forschung und Entwicklung eine strategische Bedeutung zu. Betreibt man Forschung und Entwicklung nicht oder falsch, kann das genauso eine verheerende Wirkung haben wie eine falsche Industrie- oder Finanzstrategie. Die technologischen Innovationen der ARBED sind daher ein Paradebeispiel dafür, dass Forschung und Entwicklung einen Industriebetrieb über kurz oder lang nur nach vorne bringen können. ♦

1 METZ Paul, „Historique et développement des procédés de fabrication d'acier à l'oxygène. Le procédé Ld-Ac“, in Institut grand-ducal de Luxembourg. Section des sciences naturelles, physiques et mathématiques, *Archives. Nouvelle série - Tome XXXI: 1964 et 1965*, Luxembourg, 1966, S. 56-57 und MOUSEL Nicolas, „Le Procédé Thomas dans le Patrimoine du Grand-Duché de Luxembourg. Conférence du 21 avril 1979 à l'occasion de la Commémoration du Centenaire de l'acquisition de la licence du brevet de Sidney Gilchrist Thomas par la Société en Commandite des Forges d'Eich « Metz et Cie »“, in *Revue technique luxembourgeoise*, Nr. 2, 1979, S. 43-46.

2 BILDORFF Aloyse, „Einige Beiträge Luxemburgs zur technologischen Entwicklung im Stahlbereich“, dans *Argumenter. Cahiers du Centre Jean Kill*, Luxembourg, Nr. 4, Januar 1984, S. 103, METZ Paul, op. cit., S. 69-74, MOUSEL Nicolas, op. cit., S. 46-47 und TRENKLER Herbert, „Welche Zukunftsaussichten hat das Ld-Verfahren? Vortrag vor dem Luxemburgischen Ingenieur-Verein in Luxembourg am 25. November 1959“, in *Revue technique luxembourgeoise*, Nr. 1, 1960, S. 13-14.

3 BILDORFF, op. cit., S. 104-105.

4 GOEDERT Jean, BAUER Alex, MOUSEL Robert, „La métallurgie en poche à l'ARBED. Le procédé ALT (ARBED Ladle Treatment)“, in *Revue technique luxembourgeoise*, Nr. 4, 1981, S. 134-136.

5 BILDORFF, op. cit., S. 107 und GOEDERT Jean, KLEIN H., „The ALCI-Process: ARBED lance coal injection“, in *Revue technique luxembourgeoise*, Nr. 3, 1986, S. 137.

6 ARCELOR COMMERCIAL SECTIONS SA, HISTAR®. *Moderne hochfeste Stähle für wirtschaftliche Konstruktionen*, 2007, S. 3 + 8 und PROFILARBED, HISTAR. *A new generation of rolled sections for an economical steel construction*, Luxembourg, ca. 1998, S. 3.