

Lärminderung an Sauerstoffanlagen zum Schrottschmelzen

U. Ackermann

Labor für Lärmbekämpfung (LFL) der Fachhochschule Südwestfalen, Iserlohn

Einleitung

Bei der Herstellung von Flüssigstahl wird normalerweise die Eisenschmelze direkt vom Hochofen in den Konverter geleitet. Seit etwa 30 Jahren werden zusätzlich Elektrolichtbogenöfen (ELO) eingesetzt. Im ELO wird überwiegend Schrott geschmolzen, und so eine großer Teil der anfallenden Altauos recycelt. Im ELO brennt zwischen den Elektroden und dem Schrott ein Lichtbogen, der das Eisen schmilzt. Aus der Schmelze wird anschließend durch Veredeln im ELO Stahl hergestellt. Die Zeit für einen Zyklus zur Stahlerzeugung wird durch die Schmelzzeit erheblich mitbestimmt. Deshalb werden Sauerstoffanlagen eingesetzt, die den Lichtbogen beim Schmelzen des Schrotts unterstützen. Dadurch wird die Zeit für einen Zyklus deutlich reduziert, und damit die Kosten bei der Stahlherstellung erheblich gesenkt.

Beim zusätzlichen Einsatz der Sauerstoffanlagen steigt der Lärmpegel am Ohr der Stahlarbeiter deutlich über die Schmerzgrenze von 120dB(A). Sauerstoffanlagen können deshalb nur bei geschlossener Ofentür eingesetzt werden, wodurch die Stahlarbeiter erheblich behindert werden, und die Akzeptanz für die Lanze sinkt.

Aufbauend auf umfangreichen akustischen Untersuchungen an Brennern zum Schweißen, Schneiden und Wärmen [1] wurde in einer Diplomarbeit an der Fh-Swf [2] untersucht, welche Lärminderung durch Optimierung der Düsengeometrie und des Betriebszustandes bei Sauerstoffanlagen erreicht werden kann. Sauerstoffanlagen sind so ähnlich aufgebaut wie Schneidbrenner [3]. Bei beiden Brennern ist der zentrale Sauerstoffstrahl die Hauptschallquelle. Durch die Größe der Lanze und die erforderliche Gas- und Kühlwasserversorgung ist eine Lärmmessung im Labor unmöglich. Die beschriebenen Messungen wurden deshalb beim Anwender im Stahlwerk beim Schrottschmelzen am ELO durchgeführt.



Bild 1 Vorderseite der Sauerstofflanze beim Schmelzen

Aufbau und Funktion einer Sauerstofflanze

In Sauerstoffanlagen strömt Sauerstoff unter hohem Druck (bis 10bar) durch eine Lavalldüse. Im engsten Querschnitt der Düse herrscht Schallgeschwindigkeit vor, am Düsenaustritt ist durch die Expansion des Sauerstoffs die Geschwindigkeit höher. Ist der Strahl im Düsenaustritt nicht vollständig expandiert, entstehen Schockwellen, die sich mit Schallgeschwindigkeit ausbreiten. Die Düse ist von einem Ringschlitz umgeben, durch den die Heizgase, ein Gemisch aus Sauerstoff und Erdgas, strömen (siehe in **Bild 1**). Damit sich das Erdgas beim Schmelzen nicht zersetzt, muss die Lanze mit Wasser gekühlt werden. Der zentrale Sauerstoffstrahl liefert nicht nur den zur Verbrennung nötigen Sauerstoff, sondern verteilt zusätzlich die Schmelze im Ofen. Für die Untersuchungen wurden vom Hersteller 3 Innenrohre mit unterschiedlichen Innendurchmessern d gebaut. Bei konstantem Austrittsquerschnitt war der Innendurchmesser 10mm, 12mm und 14mm. Die Messungen wurden für jeden Querschnitt bei 7 verschiedenen Betriebszuständen durchgeführt, jeweils für die frei brennende Lanze und beim Schmelzen.



Bild 2 Mikrofonposition bei frei brennender Sauerstofflanze

Das Mikrofon befand sich ca. 1,5m über dem Boden in etwa 2m Abstand seitlich von der Lanze. Das Foto in **Bild 2** zeigt die Mikrofonposition bei frei brennenden Sauerstoffanlagen; im Foto in **Bild 3** ist die Mikrofonposition beim Schmelzen zu sehen.



Bild 3 Mikrofonposition beim Schmelzen mit der Sauerstofflanze

• Messergebnisse

Umfangskorrelationsmessungen im Fernfeld von frei brennenden Schneidbrennerflammen zeigen, dass die axialsymmetrischen Schockwellen die Hauptschallquelle sind [4]. Die Schockwellen lassen sich beseitigen, wenn die Lavaldüse so ausgelegt wird, dass der austretende Strahl vollständig expandiert ist. Bei diesem Betriebszustand liegt der akustische Optimalpunkt des Freistrahls.

Betriebszustand		d = 10mm	d = 12mm	d = 14mm	
	O ₂ [m ³ /h]	CH ₄ [m ³ /h]	L _{pA} [dB(A)]	L _{pA} [dB(A)]	L _{pA} [dB(A)]
—	50	25	84,0	106,7	98,5
—	100	50	112,6	101,9	99,5
—	150	75	106,8	101,8	101,9
—	200	100	119,8	124,0	105,4
—	250	125	120,0	114,6	108,0
—	300	150	116,8	120,6	115,6
—	350	175	119,6	123,8	117,0

Bild 4 zeigt die A-bewerteten Terzspektren des Lärms, der von einer frei brennenden Sauerstoffflanze abgestrahlt wird. Mit ansteigendem Volumenstrom nimmt der Schallpegel zunächst zu, erreicht ein Maximum, und nimmt dann wieder deutlich ab. In den Spektren der „lauten“ Betriebszustände sind dominierende Spitzen zu erkennen. Dieser sog. screech wird von den Schockwellen erzeugt, und liegt bei den Sauerstoffflanzen in einem Frequenzbereich, in dem das menschliche Ohr am empfindlichsten ist. Durch Wechselwirkung der Schockwellen mit der Strahlerturbulenz wird der Lärm zusätzlich breitbandig verstärkt [5].

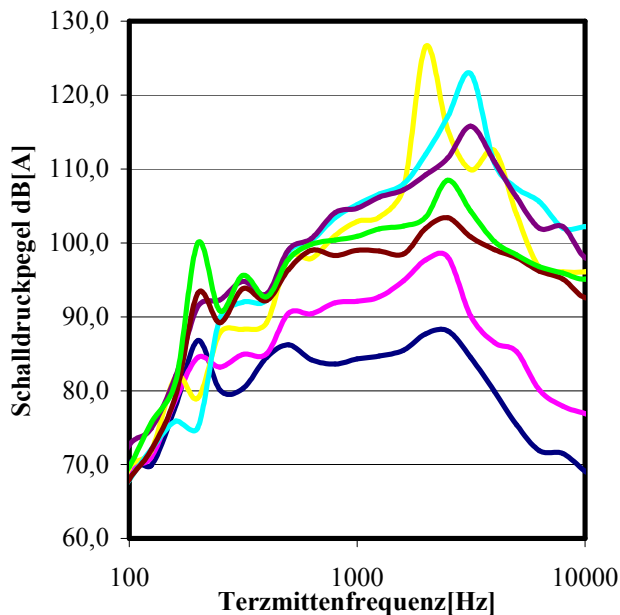


Bild 4 Frei brennende Sauerstoffflanze, d = 12mm

Beim Aufprall auf den Schrott wird die Flamme und damit auch die Schallquelle stark verändert. **Bild 5** zeigt die A-bewerteten Terzspektren des Lärms beim Schmelzen. In die **Tabelle** sind die A-bewerteten Summenpegel mit eingetragen, die mit den 3 Innendurchmessern beim Schmelzen erzeugt werden. Auch beim Schmelzen gibt es „laute“ und „leise“ Betriebszustände.

„Laut“ und „leise“ tritt beim Schmelzen und bei der frei brennenden Flamme bei unterschiedlichen Betriebszuständen auf. **Leise Betriebszustände von Sauerstoffflanzen können deshalb nur beim Schmelzen ermittelt werden.** Das gilt auch für Brenner zum Schweißen, Schneiden und Wärmen.

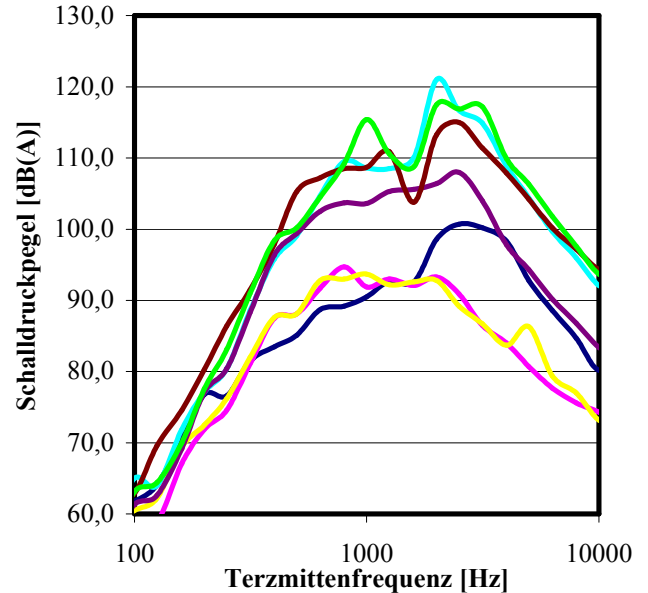


Bild 5 Sauerstoffflanze beim Schmelzen, d = 12mm

Zusammenfassung

Die Messungen haben gezeigt, dass sich Sauerstoffflanzen akustisch ähnlich wie Schneidbrenner verhalten. Durch die Messergebnisse ist der Hersteller in Zukunft in der Lage, dem Anwender für seine Sauerstoffflanzen Betriebszustände anzugeben, bei denen die Lärmbelastigung der Stahlarbeiter am Elektrolichtbogenofen ein Minimum annimmt. Bei der Auswahl des optimalen Arbeitspunktes darf jedoch nicht nur der Lärm allein ausschlaggebend sein, sondern es muss auch die Schmelzleistung und die Verteilung der Schmelze im Ofen durch die Sauerstoffflanze mit berücksichtigt werden.

Literatur

[1] U. Ackermann, E. Ratsch: Schallmessungen und Lärminderung an Brennern zum Schweißen, Schneiden und Wärmen. Deutscher Verlag für Schweißtechnik, ISBN 3 7155 917 2 (1983).
 [2] S. Söylemez: Untersuchungen zur Reduzierung der Lärmemission bei Betrieb von Erdgas-Sauerstoffbrennerlanzen. Diplomarbeit an der Fachhochschule Südwestfalen, Iserlohn (2003).
 [3] U. Ackermann, E. Ratsch: Schallentstehung und Lärminderung beim Brennschneiden. DAGA '81, Berlin.
 [4] U. Ackermann: Schallabstrahlung von geheizten und kalten unterexpandierten Überschallfreistrahlen. DAGA '80, München.
 [5] T. D. Norum, J. M. Seiner: Location and Propagation of Shock Associated Noise from Supersonic Jets. 6. AIAA Conference 1980 Hartford/Conn., USA