Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 76 (1985)

Heft: 3

Artikel: Umweltfreundliche Produktionsverfahren

Autor: Huber, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904556

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Umweltfreundliche Produktionsverfahren

A. Huber

Die von der Industrie unternommenen Anstrengungen zum Schutze der Umwelt erfordern einen wesentlich höheren Einsatz an elektrischer Energie. Anhand praktischer Beispiele aus der schweizerischen Stahl- und Giessereiindustrie werden neue Möglichkeiten umweltfreundlicher elektrischer Produktionsverfahren dargelegt.

Les efforts de l'industrie, en vue de protéger l'environnement, requièrent une plus grande utilisation de l'énergie électrique. Des exemples pratiques de l'industrie suisse de l'acier et de la fonderie de fer montrent de nouvelles possibilités d'application de procédés électriques de production non polluants.

Adresse des Autors
Dr. sc. nat. *A. Huber*, dipl. Physiker ETHZ, Von Roll AG, 4563 Gerlafingen.

Die schweizerische Stahl- und Giessereiindustrie

Die schweizerische Stahl- und Giessereiindustrie nimmt, entgegen hartnäckigen Vorurteilen, den Umweltschutz sehr ernst und hat die durch sie verursachten Umweltbelastungen bereits massiv reduziert. Sie ist auch weiterhin bestrebt, neue umweltschonende Produktionsverfahren und Technologien einzusetzen. Diesen Bemühungen um einen wirksamen Umweltschutz stehen jedoch oft nicht nur technische, sondern auch wirtschaftliche Probleme entgegen. Der energieintensiven Industrie bereiten die hohen Energiekosten, insbesondere die massiv und stetig steigenden Strompreise, grosse Sorgen. Das Einsparen von Energiekosten durch Wirkungsgradverbesserung, Rationalisierung und Substitution ist für diese Industrie eine Lebensnotwendigkeit.

Die Herstellung von Produkten aus Gusseisen und Stahl gehört auch in unserem Lande zu den ältesten industriellen Tätigkeiten. Während Jahrhunderten waren die Eisenhütten und Schmieden geprägt durch ihren hohen Bedarf an Holz- und Steinkohle für das Erschmelzen und Bearbeiten der Eisenwerkstoffe und durch den Russ, Rauch und Staub, der dabei entsteht. Die Nutzbarmachung der elektrischen Energie ermöglichte einen enormen technischen Fortschritt, der noch nicht abgeschlossen ist. Bei der Einführung elektrischer Produktionsverfahren waren allerdings nicht Umweltschutzaspekte, sondern Qualitätsfragen massgebend. Mit der im Vergleich zur Kohle im wahrsten Sinne des Wortes sauberen Elektrizität kann Eisen und Stahl ohne Verunreinigung durch Schwefel, Phosphor und andere unerwünschte Elemente eingeschmolzen und zudem beliebig lange in flüssigem Zustande gehalten werden. Dass das elektrische Aufheizen und Schmelzen erheblich geringere Umweltbelastungen zur Folge hat, erweist sich heute als weiterer grosser Vorteil.

In der Schweiz gibt es heute 4 Stahlwerke und 32 Eisengiessereien mit insgesamt etwa 10 000 Beschäftigten. Der gesamte Energieverbrauch dieser Betriebe beträgt etwa 10% des Industrieverbrauchs oder 2% des gesamtschweizerischen Energieverbrauchs. Der Rohstoff der schweizerischen Stahlwerke und Giessereien ist der Stahl- und Gussschrott, wovon in der Schweiz jährlich etwa 800 000 t anfallen. Die vier Stahlwerke arbeiten ausschliesslich auf Schrottbasis, sie sind seit Jahrzehnten die effizientesten Recyclingbetriebe in der Schweiz. Der benötigte Anteil Roheisen wird aus dem Ausland importiert, da in der Schweiz seit 1982 aus wirtschaftlichen Gründen kein Roheisen mehr produziert wird.

In den Stahlwerken wird der Schrott ausschliesslich mit elektrischen Lichtbogenöfen eingeschmolzen. Diese Öfen weisen Fassungsvermögen von 60 bis 100 t auf und werden mit elektrischen Leistungen von 40 bis 80 MW betrieben. Mit der modernen UHP-(Ultra-High-Power-)Technik sind Einschmelzleistungen von über 40 t/h erreichbar, wobei der Energiebedarf etwa 500 kWh/t beträgt. Die metallurgische Behandlung des flüssigen Stahls erfolgt in elektrisch beheizten Pfannenöfen; anschliessend wird der Stahl in elektrisch angetriebenen Stranggiessanlagen zu Knüppeln vergossen. Mit Ausnahme der Vorwärmung der Giesspfannen mit Gas oder Heizöl sind die Stahlwerke vollelektrische Produktionsbetriebe.

In den Stahlwalzwerken müssen die Knüppel auf eine Walztemperatur von etwa 1200 °C aufgeheizt werden, was in gas- oder schwerölbeheizten Öfen geschieht. Die Walzwerke selbst sind vollelektrisch. Zur Erreichung maxi-

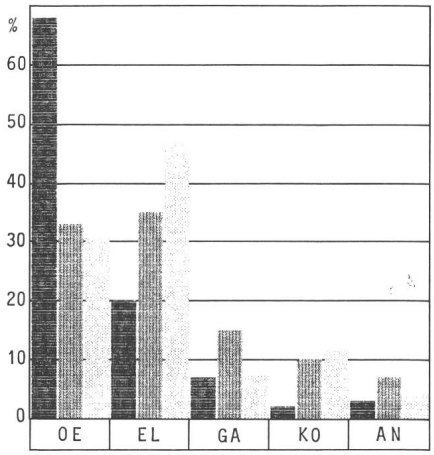

Fig. 1 Prozentualer Anteil am Energieverbrauch 1983

Schweiz

Industrie

Von Roll

OE Öl
EL Elektrizität
GA Gas
KO Kohle
AN Andere

maler Produktionsleistungen bei minimalen Energiekosten werden die Stahl- und Walzwerke mit Computern gesteuert und überwacht.

In den Eisengiessereien wird noch häufig der Koks-Kupolofen als Schmelzaggregat verwendet. Die steigenden Qualitätsanforderungen machen jedoch zunehmend den Einsatz von elektrischen Induktionsöfen notwendig, insbesondere für die Herstellung von Legierungen und von Sphäroguss. Im Vergleich zum Kupolofen hat der Induktionsofen nur etwa den halben Energiebedarf pro Tonne Flüssigeisen. Trotzdem liegen die Energiekosten höher, weil der Strompreis wesentlich höher als der äquivalente Kokspreis ist. In grösseren Giessereien wird deshalb das Eisen im Kupolofen eingeschmolzen und nachher im Induktionsofen metallurgisch weiterbehandelt. Dies ergibt wohl einen höheren Gesamtenergieverbrauch, jedoch geringere Energiekosten als beim vollelektrischen Schmelzen.

Der Energieverbrauch der Stahl- und Giessereiindustrie weist eine wesentlich günstigere Struktur auf als der gesamtschweizerische Energieverbrauch. Die Figur 1 vergleicht den Landesverbrauch mit dem Verbrauch der schweizerischen Industrie und dem Verbrauch des Von-Roll-Konzerns in der Schweiz, aufgeschlüsselt nach den verschiedenen Energieträgern.

Von Roll erzeugt in zwei Stahlwerken etwa zwei Drittel der schweizerischen Stahlproduktion und in fünf Giessereien etwa einen Drittel der schweizerischen Eisengussproduktion. Wie Figur 1 zeigt, ist die Elektrizität mit nahezu 50% der wichtigste Energieträger für die Firma. Die Erdölprodukte haben einen Anteil von 30%, der abnehmend ist, und 12% beträgt der Anteil der Kohle. Das seit 1976 eingesetzte Erdgas hat bereits einen Anteil von 7,5% erreicht und gewinnt weiter an Bedeutung. Die Figur 2 zeigt die Entwicklung des Stromverbrauchs im Stahlwerk Gerlafingen der Von Roll AG seit Inbetriebnahme der ersten Elektroöfen im Jahre 1918. Der grosse Anstieg begann im Jahre 1935 und dauerte bis 1960. Anschliessend folgten die starken Schwankungen der Hochkonjunktur- und Rezessionsjahre. Der Einsatz neuester UHP-Technologie und computergesteuerter Produktionsanlagen stabilisiert den Stromverbrauch heute etwa beim Verbrauch von 1960, dies allerdings bei nahezu verdoppelter Stahlproduktion.

Umweltbelastung durch Stahlwerke und Giessereien

Die Stahlwerke wurden bekannt durch ihren Rauch, der beim Schmelzen von Schrott und beim Einblasen von Sauerstoff in den flüssigen Stahl entsteht. Dieser Rauch besteht überwiegend aus harmlosen Eisenoxiden (Rost), enthält aber auch geringe Anteile an Metallen wie Zinn, Zink, Blei und Cadmium, die durch den Oberflächenschutz von Stahlteilen (Metallbeschichtung und Farben) in den Schrott gelangen. Der Rauch aus den Lichtbogenöfen wird heute in aufwendigen Trockenfilteranlagen gereinigt. Aus dem granulierten Filterstaub können die Metalle wieder zurückgewonnen werden.

Der 60-t-Lichtbogenofen im Stahlwerk Gerlafingen mit einer Transformatorleistung von 48 MVA ist aus Umweltschutzgründen total eingehaust. Die Gebläsemotoren der Filteranlagen weisen eine Leistung von 850 kW auf, was zu einem zusätzlichen Stromverbrauch von 20 kWh pro Tonne Stahl oder etwa 5 GWh pro Jahr führt. Die Einhausung der Lichtbogenöfen eliminiert weitgehend deren Umweltbelastung durch Rauch, Staub und Lärm, wozu allerdings nebst sehr hohen Investitionen ein ins Gewicht fal-

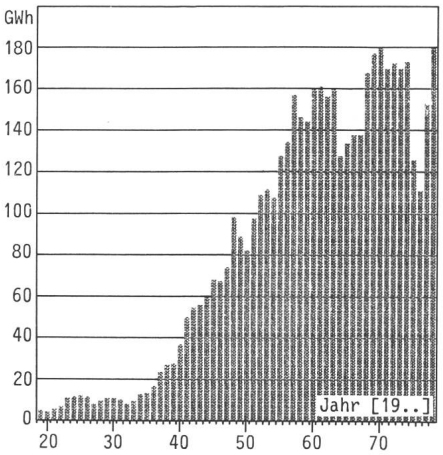

Fig. 2 Jährlicher Stromverbrauch im Werk Gerlafingen

lender zusätzlicher Stromverbrauch von etwa 4% erforderlich ist.

Bei den Stahlwalzwerken und Schmiedebetrieben entsteht eine Umweltbelastung durch die Abgase der ölbefeuerten Öfen. Diese weisen Heizleistungen bis zu 30 MW auf und wurden bisher vorwiegend mit Schweröl betrieben. Dabei müssen die Tanks und Ölleitungen elektrisch beheizt werden, damit das zähflüssige Schweröl pumpfähig wird. Für die Zerstäubung des Öls im Brenner sind bei den heutigen Schwerölqualitäten Temperaturen bis zu 120 °C erforderlich.

Der beträchtliche Aufwand für Betrieb, Unterhalt und Wartung der Versorgungsanlagen, der im letzten Jahr massiv gestiegene Schwerölpreis, vor allem aber die Erfordernisse eines wirksamen Umweltschutzes erzeugen einen zunehmenden Druck zur Substitution des Schweröls durch andere Energieträger. Im einfachsten Falle kann Leichtöl eingesetzt werden. Mit dem Ausbau des schweizerischen Erdgasnetzes steht seit einigen Jahren eine umweltfreundliche und leistungsfähige Energie zur Verfügung, die sich für die Befeuerung von Walzwerk- und Schmiedeöfen ausgezeichnet eignet. Das Stahl- und Walzwerk Gerlafingen ist seit 1976 an der Hochdruckleitung des Mittelland-Gasverbundes angeschlossen. Die seitherige Entwicklung des Öl- und Gasverbrauchs ist in der Figur 3 dargestellt.

Eisengiessereien belasten die Umwelt durch Staubemissionen, die von den benötigten Rohstoffen und Werkstückbearbeitungstechniken herrühren, sowie durch Geruchsemissionen, die den Harzbindestoffen für Sandformen und Giesskerne entstammen. Auch können sich bei der metallurgi-

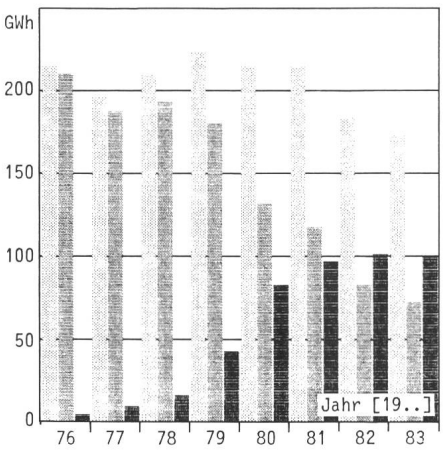

Fig. 3 Jährlicher Brennstoffverbrauch im Werk Gerlafingen

Total

Heizöl

Erdgas

schen Behandlung der Eisenschmelzen grosse Rauchentwicklungen bilden. Diese Arten von Umweltbelastungen sowie der Lärm sind für die Anwohner und für die Mitarbeiter lästig und unangenehm, bilden jedoch keine Gefährdung für die weitere Umwelt. Eine Ausnahme stellt die Silikosegefahr für die mit der Behandlung und Verarbeitung des Giessereisandes und in der Gussnachbehandlung beschäftigten Mitarbeiter dar. Diese Mitarbeiter und ihre mit Absauganlagen und Luftfiltern ausgerüsteten Arbeitsplätze unterstehen einer strengen Kontrolle durch die SUVA. Die übrigen Emissionen werden soweit notwendig mit Filteranlagen auf das erforderliche Mass reduziert. Der Übergang vom Umweltschutz zur Umweltkosmetik ist hier oft fliessend.

Die wirklichen Umweltbelastungen von Eisengiessereien lassen sich zur Hauptsache auf die Verwendung von Kohle zum Einschmelzen des Eisens im Kupolofen zurückführen. Beim Verbrennen von Kohle werden die für die Umwelt schädlichen Gase CO, SO_2 und NO_x freigesetzt. Der Staubauswurf des Kupolofens liegt bei 5 bis 10 kg pro Tonne Eisen und besteht aus Eisenoxiden, Silikaten und unverbrannten Kohleteilchen. Er ist somit ungefährlich, bei fehlender Entstaubung jedoch unangenehm und lästig für die Anwohner. Die Kupolöfen müssen heute mit Nachverbrennung und Entstaubung ausgerüstet werden, was deren Betrieb aufwendiger und teurer macht. Nach einer Erhebung des Verbandes Schweizerischer Eisengiessereien aus dem Jahre 1980 liegen die Aufwendungen einer modernen Giesserei für den Umweltschutz bei mindestens 5% des Umsatzes.

Beim Schmelzen mit elektrischen Induktionsöfen entsteht nur Rauch beim Chargieren und Anfahren, wenn Schmutz und Öl auf der Oberfläche von Schrottstücken verbrennen. Die Emission von Schwermetallen aus dem Schrott ist relativ und in absoluten Mengen sehr gering, dies auch deshalb, weil die Prozesstemperatur beim Induktionsofen im Gegensatz zum Lichtbogenofen die Endtemperatur nicht übersteigt.

Vermehrter Einsatz von elektrischer Energie?

Technisch ist es heute möglich, Stahlwerke und Giessereien vollelektrisch zu betreiben. Es gibt im Ausland, z.B. in Schweden und Italien, vollelektrische Stahlwerke mit induktiv-elektrischer Aufheizung der Knüppel im Walzwerk. Nach vorliegenden Informationen liegen die Investitionskosten und der spezifische Energiebedarf (325 kWh/t) für die induktive Erwärmung kalter Knüppel etwa gleich hoch wie bei modernen brennstoffbeheizten Öfen gleicher Produktionsleistung. Die induktive Erwärmung bietet den Vorteil des geringeren Energiebedarfs beim Einsatz warmer Knüppel (direkt ab Stranggiessanlage) und bewirkt zudem eine beträchtliche Reduktion der Abbrandverluste (Zunder < 0,5%), was kostenmässig ins Gewicht fällt. Weiter kann die Kühlwasserabwärme der Induktoren für Heizzwecke genutzt werden. Der Einsatz induktiver Anlagen für die Knüppelerwärmung wäre auch in der Schweiz technisch von Interesse, bietet jedoch wegen der Stromkosten wirtschaftliche Probleme.

Vollelektrische Eisen- und Stahlgiessereien mit Induktions- oder Lichtbogenöfen als Schmelzaggregaten stehen in der Schweiz mehrere in Betrieb. Oft werden jedoch noch brennstoffbeheizte Glühöfen für die Wärmebehandlung der Gussstücke eingesetzt. Elektrische Strahlungs-Glühöfen benötigen für hohe Glühtemperaturen (bis 1200 °C) einen höheren Unterhaltsaufwand und sind für kleinere Giessereien wegen der relativ hohen Anschlussleistung teuer. Die induktive Erwärmung eignet sich bei Gussstükken mit verschiedensten Formen weniger.

Eine neue Technologie mit elektrischen Plasmabrennern scheint in der Metallurgie vor dem Durchbruch zu stehen. Bei diesen Plasmabrennern werden Gase in einem elektrischen Lichtbogen auf sehr hohe Temperaturen von 2000 bis 3000 °C erwärmt. Diese Aggregate können jedoch nicht nur zum Schmelzen von Metallen, z.B. anstelle des konventionellen Lichtbogens, sondern auch direkt für metallurgische Prozesse im Plasmastrahl eingesetzt werden.

Dies kann für die Reduktion von Metalloxiden zu Metallen oder für deren Rückgewinnung von Bedeutung werden. Beispielsweise wird über Versuche zur Rückgewinnung des Platins aus alten Abgaskatalysatoren mit der Plasmatechnologie berichtet. Es stehen auch bereits Versuchs- und Produktionsanlagen für die Direktreduktion von Eisen aus Eisenerz und für die Rückgewinnung von Metallen aus industriellen Filterstäuben in Betrieb. Ganz neue Horizonte könnte die Erkenntnis eröffnen, dass das Wasserstoffplasma ein wesentlich stärkeres Reduktionsmittel ist als der Kohlenstoff. Im Hinblick auf das globale CO_2-Problem wird diesem Aspekt möglicherweise in Zukunft grosse Bedeutung zukommen.

Obwohl die Plasmatechnologie die wirtschaftliche Reife zurzeit noch nicht erreicht hat, ist zu erwarten, dass die grossen Anstrengungen in verschiedenen europäischen Ländern, in den USA und in den osteuropäischen Ländern in den nächsten Jahren zu Erfolgen führen werden. Die neue Plasmatechnologie stellt hohe technologische Anforderungen und sollte auch für die Schweiz eine Herausforderung bedeuten. Es ist zu hoffen, dass wir den Anschluss nicht verpassen.

Welche Faktoren bestimmen nun den vermehrten Einsatz elektrischer Energie in der Stahl- und Giessereiindustrie? Die Industrie benötigt eine sichere, kostengünstige und umweltschonende Energieversorgung. Diese Sicherheit, Zuverlässigkeit und Umweltfreundlichkeit ist sprichwörtlich für die elektrische Energie. Dagegen ist sie im Vergleich zu andern Energieträgern, auch unter Einrechnung aller Nebenkosten und Aufwendungen, nicht in jedem Falle die kostengünstigste Energie, wie die Übersicht über die heutigen Energiepreise für Grossbezüger in Figur 4 zeigt.

Sehr preisgünstig ist das ebenfalls als umweltschonend eingestufte Erdgas, das seinen Anteil an der Energie-

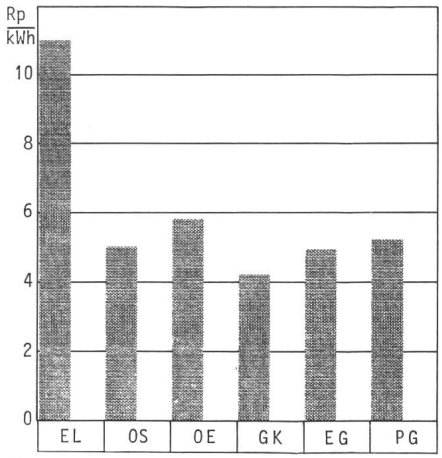

Fig. 4 Energiepreise für Grossverbraucher 1984
Preis pro kWh inkl. Zusatzkosten

EL Elektrizität, auf 50-kV-Ebene
OS Heizöl Schwer, schwefelarm
OE Heizöl Extra leicht
GK Giessereikoks
EG Erdgas, mit Abschaltvertrag
PG Propangas

versorgung auch in der Industrie noch vergrössern wird. Neben dem Erdgas, insbesondere als lagerfähiger Reservebrennstoff, ist das umweltschonende Propan bei Grossbezug ein weiterer kostengünstiger Energieträger. Er lässt sich mit Erdgas problemlos mischen und im gleichen Versorgungssystem wie das Erdgas verteilen. Unter Voraussetzung einer sicheren und umweltschonenden Energieversorgung kommt den Energiekosten in der Industrie eine entscheidende Rolle zu.

Die Strompreisentwicklung verlief während langer Jahre unterhalb der allgemeinen Teuerung, was einer weitsichtigen Vorsorge und einer guten Geschäftsführung der Elektrizitätswerke zu verdanken ist. Die Anspruchsinflation, übersetzte politische Forderungen und auch ein gewisser Rückstand der Elektrizitätswirtschaft in der Anpassung an eine veränderte wirtschaftliche und politische Situation führen heute zu einer immer steileren Strompreiskurve, die der energieintensiven Industrie grosse Sorgen bereitet. Eine vermehrte Verwendung von elektrischer Energie ist in dieser Situation trotz vielfältiger technischer Möglichkeiten aus wirtschaftlichen Gründen nicht mehr leicht möglich.

An die Elektrizitätswirtschaft geht darum der Appell, sich vermehrt wieder ihren Kunden in der unter hartem Konkurrenzdruck kämpfenden Industrie zuzuwenden. Stromlieferanten und Grossabnehmer müssen zusammen neue Mittel und Wege finden, um die Preisinflation der elektrischen Energie wieder in den Griff zu bekommen. Dies liegt im Interesse beider Partner und im Interesse eines wirksamen Schutzes unserer Umwelt.