

# Die physische Belastung von Arbeitern an der Gesenkschmiede – eine Fallstudie<sup>1</sup>

W. Hünting, J. Nemecek und E. Grandjean

Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich

In einer Fallstudie untersuchten wir die physische Belastung von Arbeitern an der Gesenkschmiede. Da der Schmied die Arbeitsgruppe leitet und von seiner Tätigkeit das Arbeitstempo abhängig ist, ermittelten wir bei ihm die physische Belastung.

## Die ausschlaggebenden Faktoren der physischen Belastung waren:

### Die dynamische und statische Muskelarbeit

Diese ist vom Stückgewicht [1], von der bearbeiteten Stückzahl und von der Bewegungshäufigkeit – gekennzeichnet durch den Kompliziertheitsgrad der Schmiedestücke – abhängig.

### Die Wärmestrahlung

Die von den Schmiedestücken ausgehende Wärmestrahlung ist ausschlaggebend für die Wärmebelastung [2, 3]. Weiter wirken sich noch die Lufttemperaturen, die Luftfeuchtigkeit und die Luftbewegung auf die klimatische Belastung des Schmiedes aus.

### Der Lärm

Der eigentliche Schmiedevorgang bildet die Hauptlärmquelle. Weitere Lärmquellen sind die benachbarten Schmieden und technischen Einrichtungen.

## Zur Ermittlung der physischen Belastung wurden folgende Messungen durchgeführt:

- kontinuierliche telemetrische Registrierung der Pulsfrequenz
- kontinuierliche Arbeitsanalyse, parallel mit der Pulsmessung
- Messungen der klimatischen Faktoren am Arbeitsplatz, insbesondere der Wärmestrahlung
- Lärmmessungen

Die Messungen wurden während der gesamten Arbeitszeit bei zwei Schmieden durchgeführt, wovon ein 26-jähriger Schmied ein 7,6 kg und ein 47-jähriger Schmied ein 18,5 kg schweres Schmiedestück schmiedete (Abbildung 1).

## Ergebnisse

### Schmieden eines 7,6 kg schweren Schmiedestückes

Die Ergebnisse der Pulsmessungen, der Arbeitsanalysen und Wärmestrahlungsmessungen sind in der *Abbildung 2 und 3* dargestellt.

In der *Abbildung 2* sind die Resultate beim

**Durch technische und organisatorische Massnahmen ist es möglich, die physische Belastung von Industriearbeitern zu reduzieren. In Vorbereitung solcher Massnahmen werden hier die Muskelarbeit, die Wärmebelastung und der Lärm bei der Gesenkschmiedearbeit untersucht.**

Schmieden eines 7,6 kg schweren Schmiedestückes zusammengestellt. Der Ruhepuls des 26-jährigen Schmiedes betrug 66 Pulse/min. Während der Schmiedezeit wurde die Dauerleistungsgrenze von 30 Arbeitspulsen über dem Ruhepuls überschritten. Der durch die Schmiedearbeit erhöhte Arbeitspuls lag im Durchschnitt um 38 Pulse/min über dem Ruhepuls. Mit der Zunahme der zum Schmieden aufgewendeten Zeit, war eine Erhöhung der Pulsfrequenz festzustellen. Im registrierten Zeitraum von 210 min wurden 204 Stücke gefertigt, was eine durchschnittliche Stückzahl von



Abbildung 1  
Messung der Pulsfrequenz beim Schmieden eines 18,5 kg schweren Schmiedestückes  
Manipulieren des Schmiedestückes mit einer Zange. Photoelektrische Pulsregulierung am Ohr – den Sender trägt der Schmied auf dem Rücken.

<sup>1</sup> Gestützt auf ein Referat anlässlich der wissenschaftlichen Tagung der Schweizerischen Gesellschaft für Sozial- und Präventivmedizin, Basel 21./22. Juni 1974.

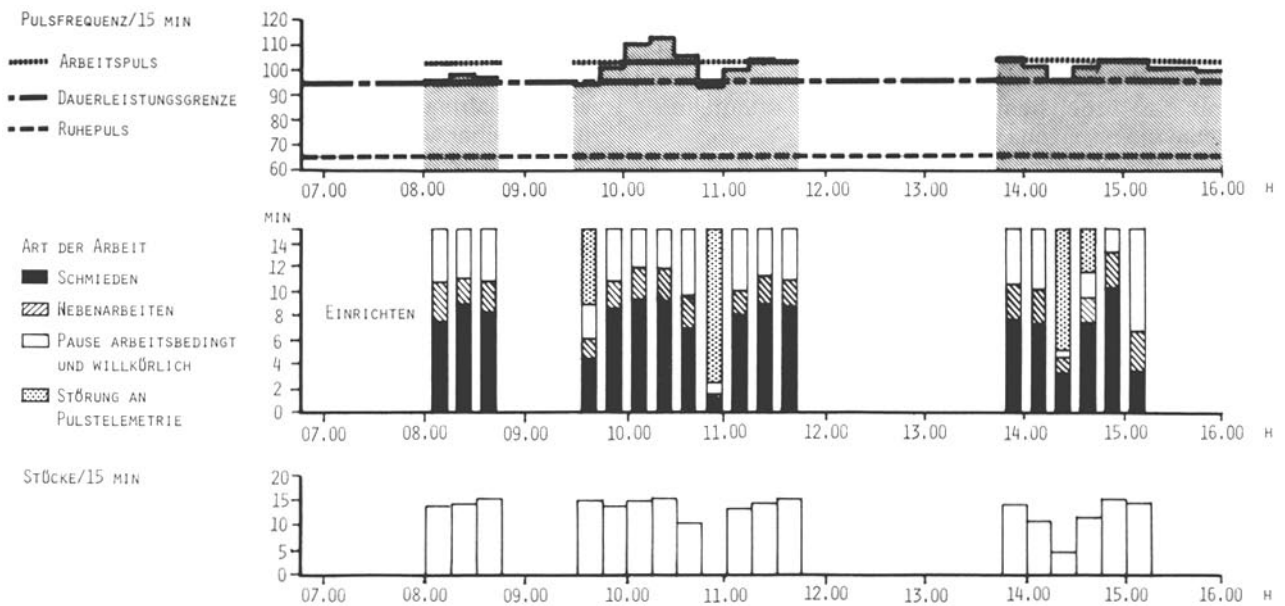


Abbildung 2

Ergebnisse der Pulsmessungen und der Arbeitsanalyse beim Schmieden eines 7,6 kg schweren Schmiedestückes

Oben = Verlauf der Pulsfrequenz (Mittelwert aus 15 min) während der Arbeit, durchschnittlicher Arbeitspuls beim Schmieden 38 Pulse/min, Dauerleistungsgrenze für 8 Arbeitsstunden – 30 Arbeitspulse.  
Mitte = Arbeitsanalyse – Verteilung der verschiedenen Tätigkeiten pro 15 min.  
Unten = Anzahl der gefertigten Stücke pro 15 min.

58,3 Stücken/h ergab. Die Schmiedezeit betrug 53 %, die Nebentätigkeiten ohne Einrichtungszeit 17 % und der Pausenanteil lag bei 30 %.

Wenn man bedenkt, dass der Ruhepuls des 26 Jahre alten Schmiedes 65 Pulse/min. betrug und wir die Dauerleistungsgrenze mit 30 Arbeitspulsen über dem Ruhepuls einen strengen Massstab anlegten [2], so scheint uns die Schlussfolgerung gerechtfertigt, dass dieser Schmied in einer Arbeitszeit von 8 Stunden inklusive Einrichtungszeit des Gesenkes, einer noch gerade zumutbaren Arbeitsbelastung ausgesetzt war.

*Schmieden eines 18,5 kg schweren Schmiedestückes*

Die Resultate beim Schmieden eines 18,5 kg schweren Stückes sind in der *Abbildung 3* dargestellt. Der Ruhepuls des 47 Jahre alten Schmiedes betrug 72 Pulse/min. Der während der Schmiedezeit erhöhte Arbeitspuls lag mit 41 Pulsen/min über dem Ruhepuls eindeutig über der Dauerleistungsgrenze. Die gefertigten Stücke pro Zeiteinheit hatten einen Einfluss auf die Erhöhung der Pulsfrequenz. Die Schmiedezeit betrug 28 %, die Nebentätigkeiten ohne Einrichtungszeit 11 % und der Pausenanteil 61 %. Es wurden durchschnittlich 24 Stücke pro Stunde gefertigt.

Die Wärmestrahlung war relativ hoch und es wurden Globetemperaturen von 26° bis 46° gemessen. Die gefertigten Stücke pro Zeiteinheit hatten einen Ein-

fluss auf die Globetemperaturen bzw. auf die Wärmestrahlung. Je mehr Stücke pro Zeiteinheit gefertigt wurden, um so grösser war die Wärmestrahlung. Die Wärmestrahlung bewirkte eine Erhöhung der Pulsfrequenz [2,3].

An Tagen ohne Einrichtungszeit wäre diese Arbeitsbelastung unzumutbar. Trotz des hohen Pausenanteils von 61 % war die Arbeitsbelastung sehr hoch. Wenn man bedenkt, dass wir unsere Messungen im Winter durchführten, so ist mit Sicherheit anzunehmen, dass die Arbeitsbelastung in der wärmeren Jahreszeit wesentlich höher sein wird.

Die Lärmmessungen wurden im Arbeitsbereich des Schmiedes und der anderen Arbeiter durchgeführt. Im Arbeitsbereich des Schmiedes lagen die Lärmwerte um 120 dB (A). An den anderen Arbeitsplätzen lagen die Lärmimmissionen zwischen 83 bis 98 dB (A). Auf Grund der Arbeitsanalysen konnten wir die zeitlichen Anteile der verschiedenen Lärmpegel bestimmen und somit den äquivalenten Dauerschallpegel für die Arbeitszeit von 8 Stunden berechnen, der 110 dB (A) betrug. Nach einer 5jährigen Tätigkeit an der Gesenkschmiede ist ein Risiko von Hörschäden um etwa 26 % zu erwarten, das sich nach 10 Jahren auf etwa 55 % erhöhen wird [4].

Da die muskuläre Beanspruchung sowie die Hitze- und Lärmbelastung relativ gross sind, halten wir es für erforderlich, solche Arbeitsplätze nach ergonomischen Gesichtspunkten zu gestalten. Dies kann durch technische und organisatorische Massnahmen geschehen.

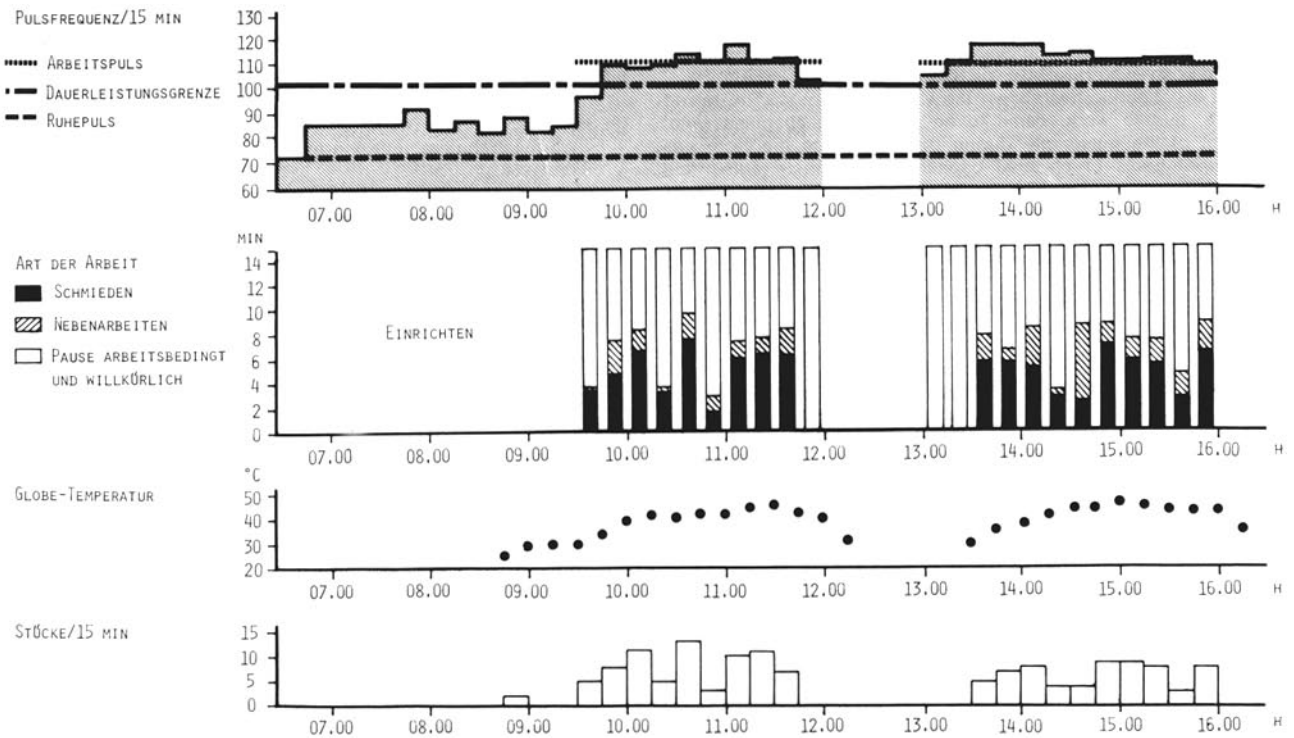


Abbildung 3 Ergebnisse der Pulsmessungen, der Arbeitsanalyse und der Globetemperaturen in °C beim Schmieden eines 18,5 kg schweren Schmiedestückes

Oben = Verlauf der Pulsfrequenz (Mittelwert aus 15 min) während der Arbeit, durchschnittlicher Arbeitspuls beim Schmieden 41 Pulse/min, Dauerleistungsgrenze für 8 Arbeitsstunden = 30 Arbeitspulse.  
 Mitte = Arbeitsanalyse - Verteilung der verschiedenen Tätigkeiten pro 15 min.  
 Mitte = Temperaturen des Globethermometers in °C.  
 Unten = Anzahl der gefertigten Stücke pro 15 min.

**Zusammenfassung**

Die drei ausschlaggebenden Faktoren der Belastung eines Schmiedes sind: Die Muskelarbeit, die vom Stückgewicht und der Stückzahl abhängig ist, sowie Hitze und Lärm. Während der ganz-tägigen Arbeitszeit wurden bei zwei Schmieden, die zwei im Gewicht unterschiedliche Stücke schmiedeten, folgende Messungen durchgeführt:

- kontinuierliche telemetrische Registrierung der Pulsfrequenz;
- kontinuierliche Arbeitsanalysen, parallel mit der Pulsfrequenz;
- Messungen der klimatischen Bedingungen am Arbeitsplatz, insbesondere der Wärmestrahlung;
- Lärmmessungen.

Die Untersuchungen haben folgende Ergebnisse gezeigt:

Die durch die Schmiedearbeit erhöhte Pulsfrequenz betrug im Durchschnitt 40 Pulse/min über dem Ruhepuls und lag somit an der oberen Grenze der zumutbaren körperlichen Belastung. Die Erhöhung der Pulsfrequenz zeigte eine Abhängigkeit von der bearbeiteten Stückzahl/min, vom Stückgewicht und von der Wärmestrahlung.

Die Lärmimmissionen lagen mit 120 dB(A) über den zulässigen Grenzwerten und gestatten eine Schätzung des Risikos von Hörschäden.

**Résumé**

*La charge physique lors de l'estampage - étude pratique*

Les trois facteurs déterminant la charge physique d'un forgeron sont: le travail musculaire - qui dépend du poids et du nombre des pièces - ainsi que la chaleur et le bruit.

Pendant une journée de travail entière, nous avons procédé chez deux forgerons travaillant deux pièces de poids différent aux mesures suivantes:

- enregistrement télémétrique continu du pouls;
- analyses continues du travail, parallèlement avec l'enregistrement du pouls;
- mesure des conditions climatiques, en particulier de la radiation thermique, au poste de travail;
- mesures du bruit.

Résultats: L'élévation de la fréquence cardiaque lors du travail comporta en moyenne 40 pulsations par minute, par rapport à la fréquence de repos. Cette valeur se situe donc à la limite supérieure de la charge physique tolérable. L'élévation de la fréquence cardiaque dépendait du nombre de pièces forgées par minute, du poids des pièces, ainsi que de la radiation thermique et de la température de l'air. Les immissions de bruit atteignaient 120 dB(A) et dépassaient les limites tolérables. Ceci permit l'évaluation des risques de troubles auditifs.

**Summary**

*The physical work load at the drop-forge - a case study*

The three determining factors of the work load as regards a smith, are the muscular movement which is dependent on the number and weight of units in process, as well as the factors heat and noise. The following measurements were taken for an entire working-day at two smithies working on units of different weight:

- continuous telemetric registration of the pulse rate;

- continuous work analysis parallel to the pulse rate;
- measurement of the climatic factors at the work place, especially of the heat radiation;
- measurement of noise.

The investigation has shown the following results: The raised pulse rate, due to work, came to an average of 40 pulses/min. above that of the pulse rate during rest. This rate therefore lies in the upper limits of physical capacity. The rise in pulse rate shows a dependence on the number of units, on the weight of each unit, as well as a dependence on heat radiation and air temperature. The noise level with 120 dB(A) lay above the allowed border limit and therefore permitted a certain evaluation of the risk of the hearing damage.

#### Literatur

- [1] *Lehmann G., Graf O., Karrasch K., Müller E. A., Scholz H. und Spitzer H.:* Untersuchungen über die Arbeitsschwere und die

erforderliche Erholungszeit in Gesenkschmieden. Schmiedetechnische Mitteilungen – Sonderheft – Schiedeausschuss, ADB – UDI, Hagen 1956.

- [2] *Grandjean E.:* Physiologische Arbeitsgestaltung. Ott Verlag, Thun und München 1967.
- [3] *Hettinger T.:* Zur Beurteilung der physischen Belastung durch Wärmestrahlung. Int.Kongress für Arbeitsmedizin, Wien, Vol. IV., 1966.
- [4] *Department of Employment:* Code of practice for reducing the exposure of employed persons to noise. Her Majesty's Stationery Office, London 1972.

#### Adresse der Autoren

*Wilhelm Hünting, Jan Nemecek und Prof. Dr. Etienne Grandjean,* Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie, ETH, Clausiusstrasse 25, 8006 Zürich.