

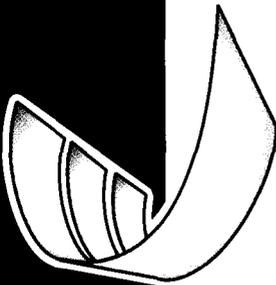


Internationale Sektion Forschung
International Section Research
Comité international Recherche

**Kolloquiumsbericht
Proceedings
Actes du Colloque**

-
- 5. Internationales Kolloquium
**Interdisziplinäre Forschung
für Sicherheit und
Gesundheit bei der Arbeit**
 - 5th International Symposium
**Interdisciplinary research
for safety and health
protection at work**
 - 5^e Colloque international
**Recherche interdisciplinaire
au service de la santé
et de la sécurité au travail**

Bonn
18.-20. 9. 1995



Deskriptive Statistik, ein arbeitsmedizinisches Hilfsmittel zur Analyse von Beanspruchung und Arbeitsschutzmaßnahmen in kleineren Betrieben

Bernhard Betr

Berufsgenossenschaftliches Arbeitsmedizinisches Zentrum Amberg

Sulzbacherstraße 105

92224 Amberg, Deutschland

Descriptive statistics, an instrument in the field of industrial medicine for analysing stress and work safety measures in small enterprises

Because of the small number of employees frequently involved and the limited duty hours of the company physician, continuous and statistically verified biological monitoring is not possible.

Based on the example of a small collective of stainless steel welders and grinders exposed to chrome and nickel, it is demonstrated how exposure Parameters can be arrived at which depict the hexposure Situation with sufficient plausibility.

Over a period of several years (1990-1995), the values for chrome and nickel were determined in the urine of employees with different exposures and related to their concrete workplace Situation. Welding techniques or the wearing of respiratory equipment were assigned to the biological Parameters, for instance. Simple descriptive statistical techniques such as ranking, x-y graphs and scatter diagrams provide verifiable hypotheses. Interviews with safety engineers, foremen and labourers are used specifically to verify the plausibility of the established values and hypotheses. This method has already produced useful findings concerning workplace exposure which would have otherwise remained undetected given the sporadic attendance of the company physician. It has been possible to substantiate further-reaching occupational safety and health measures more effectively.

Additional hypotheses concerning the concrete exposure at the workplace and changes to it are anticipated.

La statistique descriptive, outil du médecin du travail pour l'analyse des contraintes et des mesures de prévention dans les petites entreprises

Dans les petites entreprises, le nombre souvent réduit de salariés et la faible disponibilité du médecin du travail ne permettent pas d'assurer une surveillance biologique continue et statistiquement fiable.

A partir de l'exemple d'un groupe de travailleurs exposés au chrome et au nickel (soudeurs et tondeurs de rectifieuses sur aciers spéciaux), l'étude montre comment il est possible de dégager un ensemble de paramètres donnant une représentation correcte de l'exposition.

Sur une période de plusieurs années (1990-1995), on dose le chrome et le nickel urinaires chez des salariés soumis à différents types d'exposition, et l'on rapproche ces données des caractéristiques concrètes du poste de travail. On établit ensuite des relations entre la méthode de soudage utilisée, ou le port d'un appareil de protection respiratoire, par exemple, et les paramètres biologiques. Des méthodes statistiques descriptives simples (classement hiérarchique, diagramme à deux dimensions, nuages de points, etc.) permettent de formuler des hypothèses vérifiables. La validité de ces hypothèses et celle des données métrologiques sont en-

suite vérifiées au cours d'entretiens avec les ingénieurs de sécurité, les agents de maîtrise et les salariés. Cette démarche a déjà fourni, sur l'exposition au poste de travail, des informations exploitables qui n'auraient pas pu être obtenues par un médecin du travail n'assurant pas une présence à plein temps. Ces informations ont apporté des bases plus solides pour la définition de programmes de prévention.

D'autres hypothèses sur l'exposition aux produits en fonction des caractéristiques des postes de travail devraient être formulées.

Deskriptive Statistik, ein arbeitsmedizinisches Hilfsmittel zur Analyse von Beanspruchung und Arbeitsschutzmaßnahmen in kleineren Betrieben

In Kleinbetrieben ist durch die oft kleine Zahl der Beschäftigten und die geringe Einsatzzeit des Betriebsarztes eine kontinuierliche und statistisch gesicherte biologische Überwachung nicht möglich.

Am Beispiel eines kleinen Kollektives von Edelstahlschweißern und -schleifern, die Chrom und Nickel exponiert sind, wird gezeigt, wie man zu Beanspruchungsparametern kommen kann, die die Belastungssituation hinreichend plausibel abbilden.

Über mehrere Jahre (1990-1995) werden von unterschiedlich Belasteten die Werte für Chrom und Nickel im Urin bestimmt und in Beziehung zur konkreten Arbeitsplatzsituation gesetzt. Beispielsweise werden Schweißverfahren oder das Tragen von Atemschutz den biologischen Parametern zugeordnet. Einfache, deskriptive statistische Verfahren wie Rangreihen, x-y-Diagramme und Punktwolken ergeben überprüfbare Hypothesen. Gespräche mit Sicherheitsingenieur, Meister und Mitarbeiter werden zur gezielten Plausibilitätsprüfung der gefundenen Werte und Hypothesen genutzt. Hierdurch ergaben sich bisher schon brauchbare Erkenntnisse über Besonderheiten der Belastung am Arbeitsplatz, die bei diskontinuierlicher Anwesenheit des Werkarztes sonst nicht zu gewinnen waren. Weitreichende Maßnahmen des Arbeitsschutzes konnten besser begründet werden.

Weitere Hypothesenbildungen zur konkreten Belastung am Arbeitsplatz und dessen Veränderungen werden erwartet

Fragestellung

finanzielle und rechtliche Vorgaben lassen eine alltägliche Anwesenheit des Betriebsarztes zur arbeitsmedizinischen Betreuung von Klein- und Mittelbetrieben nicht zu. Die Beurteilung von Belastungen der Beschäftigten durch die Beobachtung vor Ort ist nur sporadisch möglich. Arbeitsplatzmessungen liegen meist nicht vor. Da im kleineren Betrieb Einzelstück und Klein-Serienfertigung eher die Regel sind, wären Luftanalysen nur punktuelle Aussagen, nicht repräsentative Erhebungen. Die Arbeitsverfahren und damit auch die Belastungen der Arbeit-

nehmer variieren häufig. So können bei einem Fertigungsabschnitt eines Großgerätes eine Woche Elektrodenschweißen und anschließend für längere Zeit Schleif- und Montagearbeiten notwendig sein.

Die kleine Zahl der 50 unterschiedlich Exponierten schließt gesicherte statistische Aussagen meist aus. Eine Kompensation durch Erhöhung der Untersuchungsfrequenz scheitert an den zuvor erwähnten Bedingungen und auch an den Kosten, nach denen im Kleinbetrieb drängender gefragt wird. Die vorgegebenen Untersuchungsfristen können somit nur der Orientierung dienen.

Ist unter solchen Bedingungen beispielsweise durch eine Bestimmung des Nickels im Urin alle drei Jahre etwas über die Beanspruchung eines Edelstahlschweißers zu erfahren? Wenn relevante Beanspruchungen zu erfassen sind, in welcher Reihenfolge hat der Betriebsarzt begründet kostenträchtige Schutzmaßnahmen zu empfehlen? Wie kontrolliert er deren Wirksamkeit? In einem großen Werk können solche Fragen mit einem gut geplanten Studiendesign wissenschaftlich vergleichbar und nachvollziehbar beantwortet werden.

Der Arbeitsmediziner, der Klein- und Mittelbetriebe betreut, muß Antworten eher und schneller durch den "gesunden Menschenverstand", pragmatisches Handeln, anschauliche Plausibilität und vorsichtige Analogieschlüsse finden. Dabei darf er aber nachprüfbare Rationalität nicht verlassen. Sein Handeln muß unmittelbar wirksam sein und er kann nicht auf das Ergebnis langjährig laufender Studien warten und vertrösten.

Wie dies geschehen kann, soll in diesem Vortrag eines Praktikers vor Ort exemplarisch skizziert werden.

Arbeitsplätze

In einem Betrieb mit 160 bis 200 Beschäftigten werden aus hochlegiertem, chrom- und nickelhaltigem Edelstahl Druckkammern unterschiedlicher Größe produziert. Sowohl Lichtbogenhandschweißen mit umhüllten Stabelektroden (= EH) wie Schutzgasschweißen nach dem Wolfram-Inertgas- (= WIG) und dem Metallaktivgasverfahren (= MAG) sind erforderlich. Die Oberflächen der Edelstahlbleche werden geschliffen.

Zwischen 10 und 17 Männer arbeiten in dieser Abteilung. Sie werden innerbetrieblich in Dick- und Dünnblechschweißer und in Schleifer eingeteilt. Die verschiedenen Schweißverfahren

können nur grob einer Person zugeordnet werden. Die Schweißer selbst schätzen z.B. den Einsatz des EH-Schweißens auf 5% bis 30% der Arbeitszeit.

Nach wissenschaftlichen Untersuchungen und den berufsgenossenschaftlichen Auswahlkriterien sind mit Belastungen durch Chrom und Nickel bei EH- und MAG-Schweißarbeiten zu rechnen, beim WIG-Schweißen ist eine Einwirkung nicht anzunehmen. Die höchste Chromaufnahme ist beim EH-Schweißen, die höchste Nickelresorption beim MAG-Verfahren zu erwarten.

Im Betrieb kann nur ungenau angegeben werden, welches Verfahren wann wen am meisten belastet. Fragt man die Schweißer nach ihrer häufigsten Tätigkeit, so nennen sie das WIG-Verfahren, eine exakte zeitliche Angabe erfolgt jedoch auch nicht. Auch Schweißfachingenieur und Meister können nur qualitative Aussagen zur Belastung machen, wie "A verwendet ... mehr als B", "C setzt überwiegend Verfahren x ein", "D benutzt die Absaugung konsequenter" usw.

Die Schweißarbeitsplätze liegen dicht nebeneinander. Umgebungseinflüsse sind möglich. Absaugungen können in den Druckkammern nicht eingesetzt werden. Auch ist der Einsatz von Arbeitsschutzmaßnahmen mehr von der Umständlichkeit der Handhabung als vom Gesundheitsbewußtsein abhängig und somit die Belastung individuell sehr variabel. Wenn sporadische Messungen biologischer Werte zur Einschätzung der individuellen Beanspruchung taugen sollten, müßten sie die geschilderten Verhältnisse in der Untersuchungsgruppe widerspiegeln. Die Beanspruchungsparameter sollten die Belastungssituation abbilden.

Methodik

1990 wurden von allen 13 Dünn- und Dickblechschweißern des Betriebes eine

Urinprobe auf Chrom- und Nickelgehalt untersucht.

Die Analyse erfolgte in einem anerkannten arbeitsmedizinisch-toxikologischen Labor. Die Rohwerte wurden auf die Kreatininkonzentration des Urins rückgerechnet, um Verdünnungseffekte auszugleichen. Die obere Normgrenze liegt für Nickel bei $2,2 \mu\text{g/l}$, für Chrom bei $2,0 \mu\text{g/l}$. Der Biologische Arbeitsstofftoleranzwert (= BAT-Wert) beträgt für Nickel $45,0 \mu\text{g/l}$, für Chrom $40,0 \mu\text{g/l}$ [TRGS 900, MAK-Werte 1990].

Das Labor teilt die Werte zwar auf zwei Stellen hinter dem Komma mit, der Streubereich für Tag-zu-Tag-Untersuchungen reicht aber bis zu $11,9\%$ bei Chrom und bis zu $26,4\%$ bei Nickel. Da die arbeitsmedizinisch relevanten BAT-Werte das 20fache des Normwertes betragen, ist unter der Berücksichtigung der Meßgenauigkeit für die praktische Bewertung ein gerundeter ganzzahliger Wert für die folgenden Tabellen ausreichend. Auch sollte der Eindruck einer unbegründeten Exaktheit vermieden werden.

Die Analyse der Werte aus 1990 war Anlaß, 1991 zusätzlich alle sieben Dünn- und Dickblechschleifer und alle weiterhin beschäftigten Schweißer zu untersuchen. 1992 wurden wiederum alle Schweißer und ihr zuständiger Meister erfaßt. Er und die Schleifer sollten eine innerbetriebliche „Plausibilitätskontrollgruppe“ ergeben. 1993 und 1994 konnten jeweils die zwölf noch beschäftigten Edelstahlschweißer untersucht werden.

Ergebnisse

Die ersten Ergebnisse 1990 sind in Tab. 1 getrennt nach Chrom und Nickel in einer Rangreihe angeordnet. In beiden Reihen nehmen die Dünnblechschweißer die unteren, die Dickblechschweißer die oberen Plätze ein. Ein erster Plausibilitätsbeweis. Der auffällige Unterschied in der

Reihenfolge beider Rangreihen kann vom Abteilungsmeister - ZU dessen eigenem Erstaunen - plausibel erklärt werden. Den höchsten Nickelwert hat der Schweißer, der am häufigsten mit dem MAG-Verfahren arbeitet. Der Werker, der am meisten mit den EH-Verfahren belastet ist, weist den höchsten Chromwert auf. Eine weitere Bestätigung der Erwartung.

Die beobachtbare Belastung bzw. Exposition entspricht in etwa der gemessenen Beanspruchung.

Das x-y-Diagramm (Abb. 1) macht dieses Ergebnis noch anschaulicher. Es zeigt eine Gliederung in drei Punktwolken, obwohl nur zwei erwartet wurden. Die Dickblechschweißer befinden sich im Diagramm oben in der Mitte und der rechten oberen Ecke, gekennzeichnet durch das Rautensymbol (#). In der linken unteren Ecke versammeln sich drei Arbeitnehmer, die nur zeitweilig Schweiß- und Heftarbeiten ausführen, vom Betrieb wurden sie ursprünglich undifferenziert als Dünnblechschweißer (~) bezeichnet. Die eigentlichen Dünnblechschweißer finden sich in der mittleren Gruppierung.

Uh, ein Dickblechschweißer, scheint nach dem Diagramm den Dünnblechschweißern zugehörig. Er ist erst seit vier Monaten im Betrieb.

Diese in sich schlüssigen Ergebnisse und die relativ hohen Werte der Dickblechschweißer haben uns veranlaßt, bessere Lüftungsverhältnisse zu fordern. Da jedoch technische Maßnahmen nur beschränkt möglich waren, wurden zunächst drei Schweißer (Wr; Ba; Uh), die zur Erprobung bereit waren, mit Schweißerschutzhelmen ausgestattet, die eine aktive, filtrierende Frischluft haben.

In der Untersuchung 1991 sollten folgende Hypothesen gestützt werden: Die Beanspruchung wäre bei allen Schwei-

ßern geringer, bei den Atemschutzträgern wäre dies relativ deutlicher. Die diesmal mituntersuchten Dick- und Dünnblechschleifer sollten sich auf einem niedrigeren Beanspruchungsniveau gruppieren lassen. Da nach den amtlichen Auswahlkriterien eine Belastung der Schleifer mit Chrom nicht zu erwarten war, sollten sich diese im Punktdiagramm noch enger zusammenfinden,

Wie das x-y-Diagramm (Abb. 2a) zeigt, ergeben sich jedoch drei Punktwolken. Die Dünnblechschleifer, mit "+" gekennzeichnet, differenzieren sich erwartungsgemäß durch die fehlende Aufnahme von Chrom und gruppieren sich deshalb in der untersten linken Ecke. Die Dickblechschleifer (*) weisen wider Erwarten eine ähnliche Beanspruchung mit Chrom auf wie die Dünnblechschweißer (~). Eine Überprüfung der Plausibilität im Betrieb zeigt, daß die gefundenen Werte die Wirklichkeit abbilden. Die Dünnblechschleifer sind räumlich von Schweißrauchbelastungen getrennt, während die Dickblechschleifer in enger Nachbarschaft der Schweißer arbeiten. Nicht das Arbeitsverfahren, sondern die Umgebung bewirkt eine Metallaufnahme. Somit wurden mit der biologischen Messung - unbeabsichtigt - die Umgebungseinflüsse miterfaßt.

Die Dünnblechschweißer, ein Dickblechschweißer mit zeitlich reduziertem Einsatz (F1, 1990 auch deshalb nicht erfaßt) und ein Atemschutzträger (Uh) finden sich ebenfalls erwartungsgemäß in der mittleren Gruppe.

Um eine anschaulichere Maßzahl für die Beanspruchung und deren evtl. Veränderung zu erhalten, wurden die gefundenen Werte für Chrom und Nickel addiert und die Werte für 1990 und **1991** in Säulendiagrammen dargestellt (Abb. 2b). Bei sechs Schweißern ist eine zum Teil erhebliche Minderung der Beanspruchung zu erkennen. Die Atemschutzträger sind

in den Säulendiagrammen durch die Angabe des Jahres, in dem sie den Atemschutz erhielten, hinter dem Namenscode markiert. Sie heben sich unter allen Schweißern entgegen der Erwartung nicht noch deutlicher hervor. Vorsichtig interpretiert, könnte man vermuten, daß die Lüftungstechnischen Maßnahmen wirksamer waren als der persönliche Atemschutz. Da aber zwei der drei Dickblechschweißer (Dr, Ul) ohne Atemschutz keine relevante Verbesserung aufwiesen und die Reduktion der Werte des Dritten (Dk) auch auf eine längere Fehlzeit rückführbar war, wurde eine Versorgung aller Dickblechschweißer mit Atemschutzhelmen empfohlen. Hinzu kam, daß die Helmträger subjektiv den Atemschutz als Verbesserung empfanden, die schrittweise Einführung eine gewisse Begehrlichkeit bei den Unversorgten weckte und damit die Akzeptanz erhöhte.

Für 1992 wurde eine Verminderung der Beanspruchung der "neuen" und in etwa gleiche Urinwerte bei den "alten" Atemschutzträgern erwartet. Leider waren die Ergebnisse (Abb. 3) nicht so idealtypisch. Die variablen Belastungen und individuellen Besonderheiten des kleineren Betriebes bzw. kleinerer Kollektive traten deutlich zutage.

Zwei der neuen Helmträger (Dr, Ul) verbesserten sich erheblich, der Dritte (Fo) nur tendenziell. An ihm zeigt sich die Problematik der "additiven Maßzahl". Fr ist der MAG-Schweißer des Betriebes, sein Nickelwert -allein betrachtet hat sich um 31% (von 9,4 auf 6,5 µg/l) verringert.

Bei Uh, Atemschutzträger seit 1990, veränderten sich die Werte der Erwartung entsprechend nicht mehr. Ba verbesserte sich noch einmal deutlich. Nach den Angaben des Meisters sei er derjenige, der das ausgeprägteste Gesundheitsbewußt-

sein habe und nicht mehr ohne Atemschutzhelm anzutreffen sei.

Die tendenzielle Verschlechterung von Wr, der auch die höchste additive Beanspruchung aufwies, konnte erst nach einem ausführlichen Gespräch mit dem Schweißer geklärt werden. Er hat verdeckt liegende Kanten zu schweißen, die automatisch abdunkelnde Sichtscheibe wird dabei nicht immer von der notwendigen vollen Lichtintensität getroffen. Nachdem er sich mehrmals "verblitzt" hatte, benutzte er für diese, auch für ihn typische und häufige Arbeit, wieder einen konventionellen Schirm.

Der Meister hatte Werte (Cr $1,75 \mu\text{g/l}$; Ni $2,22 \mu\text{g/l}$), die etwa denen der Dickblechschleifer 1991 entsprachen, auch dies ein Beleg für die Belastung aus der Raumluft und für die Brauchbarkeit der Plausibilitätsüberlegungen.

Die Untersuchung 1993 ergab wieder eine Überraschung. Unerwartet stieg die Gesamtbeanspruchung bei den meisten Mitarbeitern an, wobei sich der Nickelanteil meist erhöhte. Zuerst nahm ich eine Art Ermüdungseffekt der Schweiger an. Sie versicherten aber, daß sie den Atemschutz weiterhin gewissenhaft getragen hätten. Der Meister berichtete, daß jetzt ein anderer Zusatzwerkstoff mit höherer Abschmelzleistung und damit erhöhter Rauchentwicklung verwendet werde, es wurden in gleicher Zeiteinheit längere Schweißnähte angefertigt und Mehrarbeit sei notwendig gewesen. Erst die Ergebnisse aus 1994 ergaben ein hinreichend plausibles Bild. Die Abb. 4 zeigt, daß die Werte wieder gefallen sind. Die Mehrarbeit von 1993 wurden 1994 nicht mehr gefordert. Die Schweißleistung war durch Verlagerung von Arbeit in den Osten wieder gesunken. Besonders plausibel ließ sich die bislang ungeklärte erhöhte Belastung des

Mitarbeiters Ha erklären. 1993 wurde er neben einem MAG-Schweißer zur Bearbeitung herangezogen. Dr fiel nicht ganz auf das Niveau von 1992, da er mehr MAG-Schweißarbeiten ausübte als 1992. FI war 1992 noch Betriebsrat und wenig in der Produktion tätig, 1993/1994 hingegen wieder mit Schweißarbeiten voll beschäftigt und noch ohne Atemschutz. Der als Kontrollperson untersuchte Kr wies erwartungsgern% die niedrigsten Werte auf. La nahm wegen einer Erkrankung 1994 nicht mehr an der Untersuchung teil.

Schlußfolgerungen

In Klein- und Mittelbetrieben mit variablen Belastungen und individuell unterschiedlichen Anforderungen an den Beschäftigten sind die biologischen Beanspruchungsparameter nur bedingt geeignet, dem Arbeitsmediziner eine zutreffende Beurteilung der Arbeitsplätze zu ermöglichen. Mit einfachen, deskriptiven statistischen Verfahren wie Rangreihen, Säulen-, x-y-Diagrammen, Zeitreihen und durch interindividuelle Vergleiche mit Befragung der Beschäftigten und der unmittelbaren Vorgesetzten kann die betriebliche Realität besser erfaßt und die nur sporadische Anwesenheit des Arztes vor Ort weiter kompensiert werden. Entscheidungen für den Einsatz von Arbeitsschutzmaßnahmen sind besser abzusichern. Eine Kontrolle über deren Wirksamkeit und Verwendung wird in gewissen Grenzen möglich.

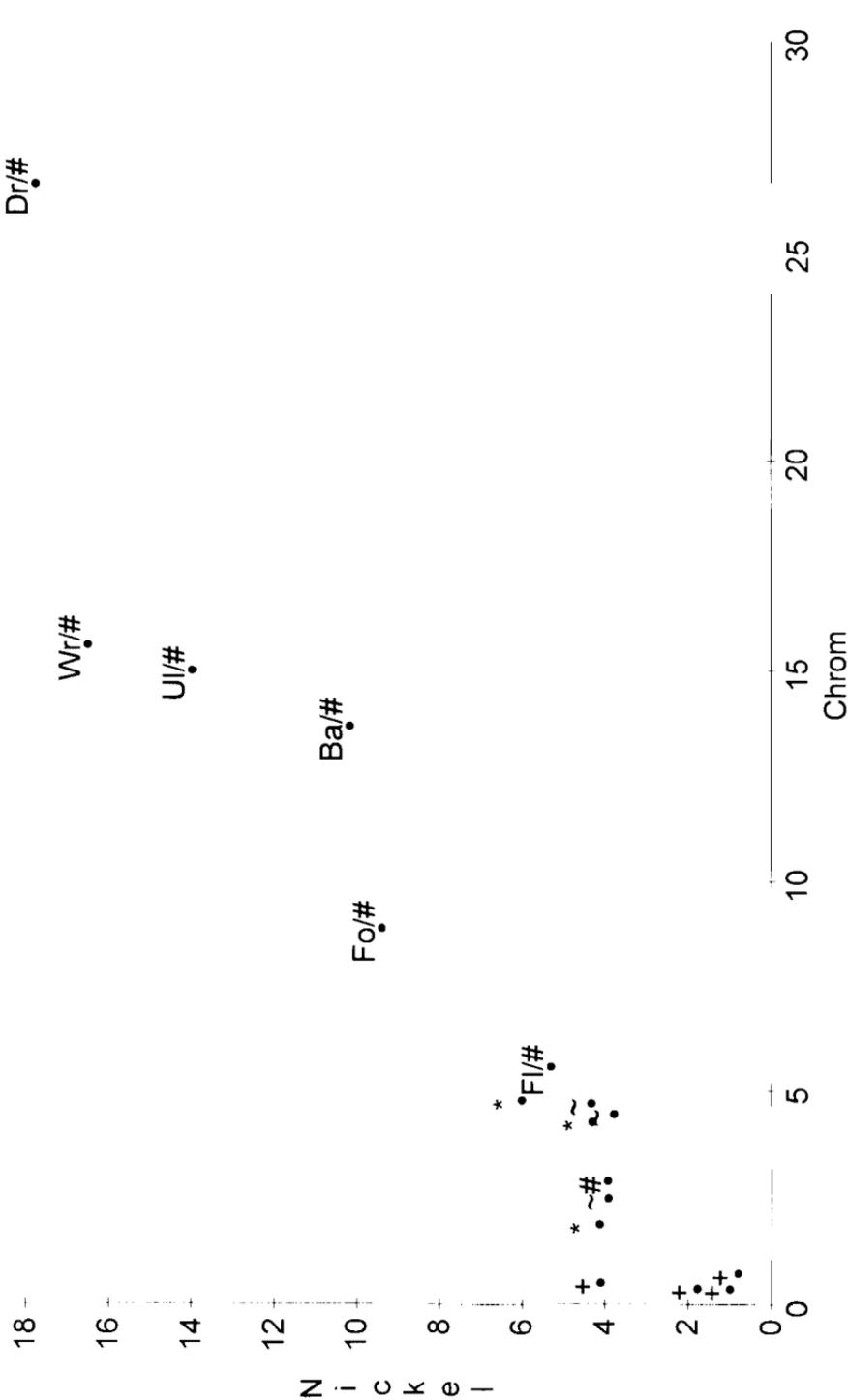
Bei skeptischer Betrachtungsweise und vergleichender Wertung ist eine Hypothesenbildung über die Beanspruchung am Arbeitsplatz möglich, die zu einer gezielten Plausibilitätsprüfung genutzt werden kann und unter Umständen auch Besonderheiten der Belastung am Arbeitsplatz erkennen läßt.

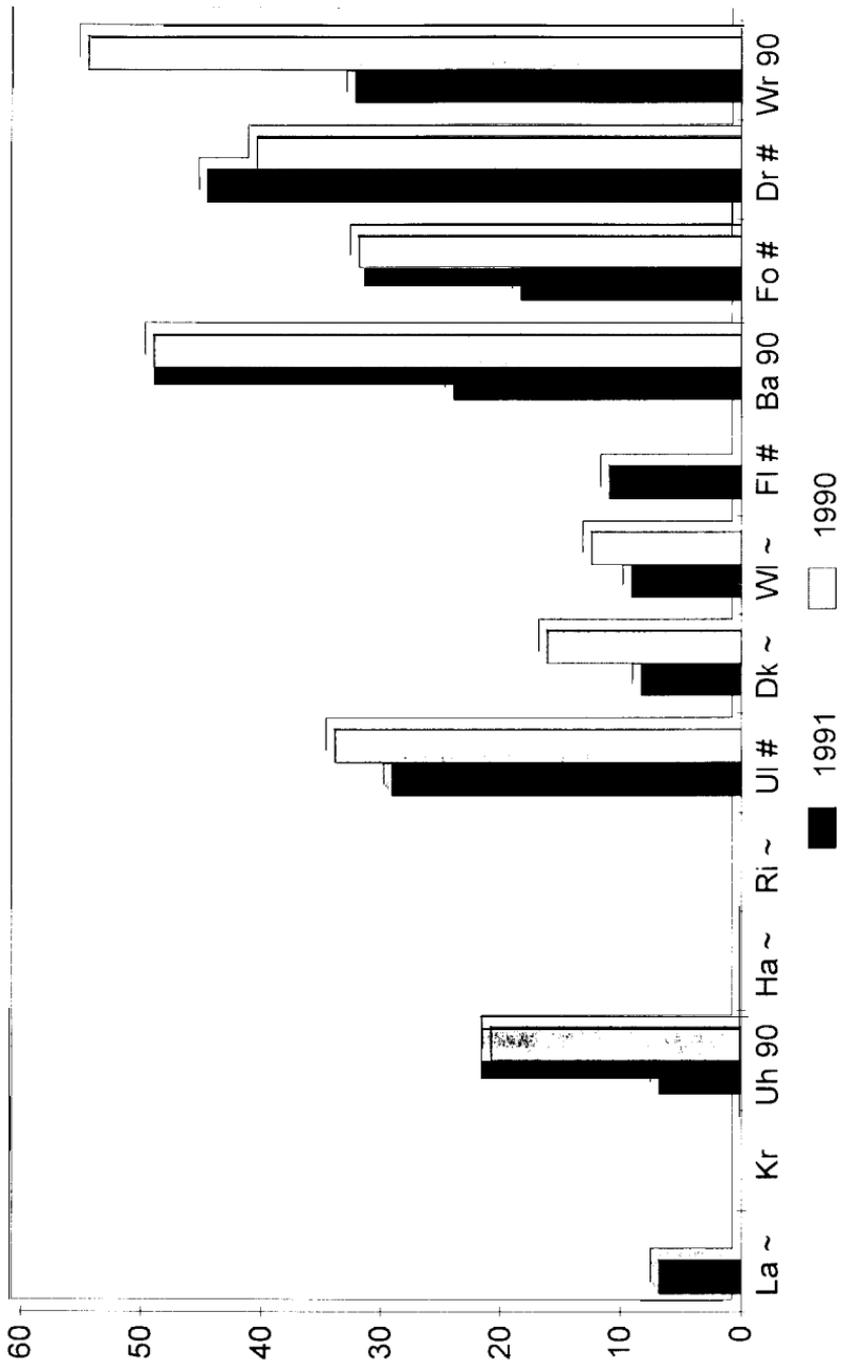
Rangreihe Chrom- und Nickelwerte 1990

Proband	Tätigkeit	Chrom ug/l
Ba	Dickblech	27
Wr	Dickblech	25
Ul	Dickblech	18
Dr	Dickblech	16
Fo	Dickblech	13
Kö	Dickblech	10
Uh	Dickblech	7
La	Dünnbl.	7
Wl	Dünnbl.	5
Dk	Dünnbl.	4
Ni	Dünnbl.	2
Hö	Dünnbl.	1
vo	Dünnbl.	0

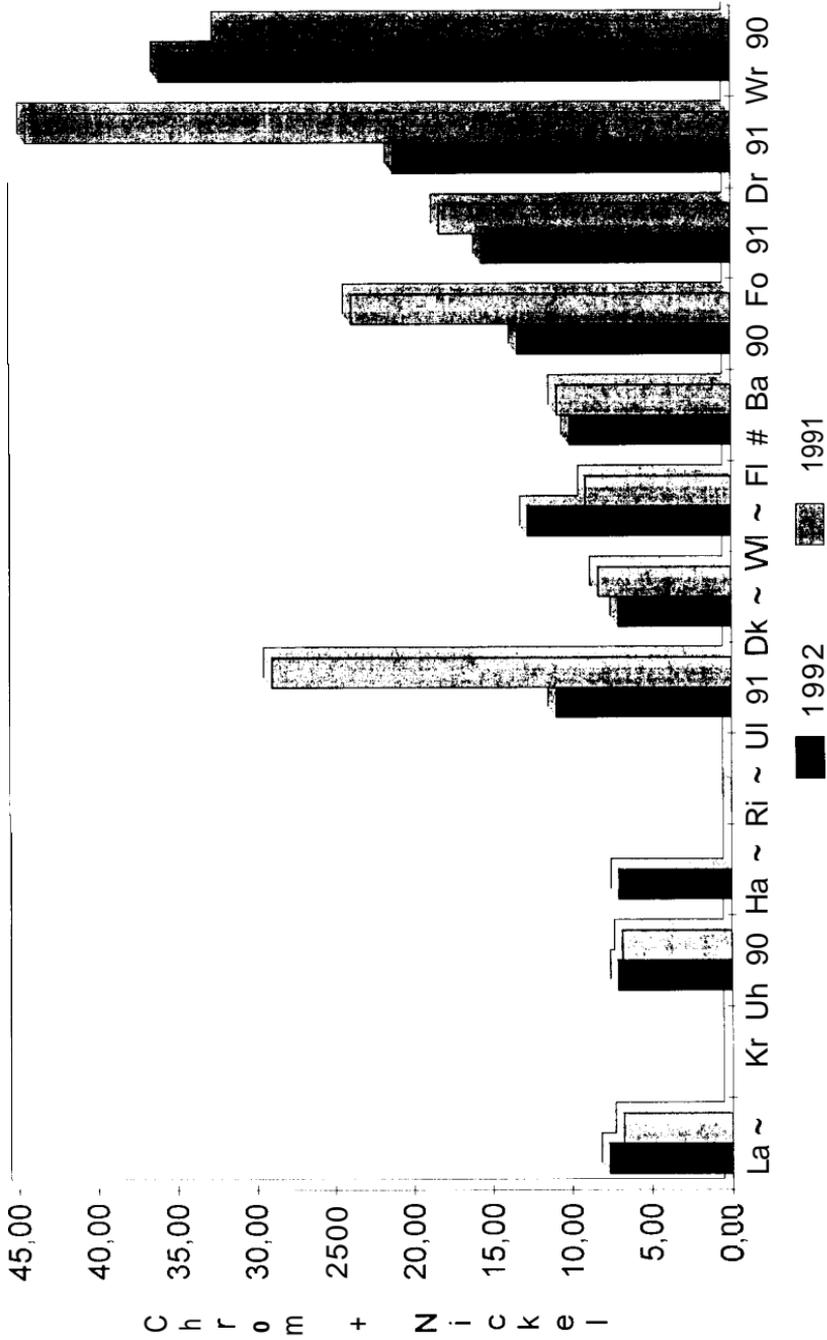
Nickel ug/l

Wr	Dickblech	30
Kö	Dickblech	25
Dr	Dickblech	24
Ba	Dickblech	22
Fo	Dickblech	19
Ul	Dickblech	16
Uh	Dickblech	13
Dk	Dünnbl.	12
La	Dünnbl.	10
Wl	Dünnbl.	7
Ni	Dünnbl.	4
Hö	Dünnbl.	2
vo	Dünnbl.	1





Untersuchung 1992



Deskriptive Statistik... Abb.3

Untersuchungen 1992 - 1994

