

Gefahrstoffbelastung beim Elektro(nik)schrott-Recycling – ein Arbeitsschutzproblem?

Dipl.-Chem. Hubert Faller

Dipl.-Ing. (FH) Gerhard Ott

OChR Ulrich Wurster*

*Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg
Referat Arbeitsschutz/Chemikalien
Postfach 210752
76157 Karlsruhe



Landesanstalt für Umweltschutz
Baden-Württemberg
Referat Arbeitsschutz/Chemikalien
Postfach 210752
76157 Karlsruhe

Inhalt

Zusammenfassung	3
1 Einleitung	3
2 Projektbeschreibung	4
3 Ergebnisse und Bewertung	4
3.1 Arbeitsbedingungen in den Betrieben	4
3.2 Bewertungsgrundlagen	5
3.3 Messergebnisse	6
3.4 Beiträge zur Gefahrstoffbelastung durch einzelne Stoffe/Stoffgruppen	6
3.5 Korrelation von Staub- und Gefahrstoffbelastung	6
4 Fazit	7
5 Ausblick	7
6 Literatur	7

Zusammenfassung

Beim Recycling von Elektro- und Elektronikschrott besteht an zahlreichen Arbeitsplätzen eine Belastung durch komplexe Stoffgemische, deren Höhe und Zusammensetzung weitgehend unbekannt ist.

Mit Messungen in fünf gemeinnützigen Kleinbetrieben, in denen Elektro- und Elektronikaltgeräte mit einfachen Techniken in Fraktionen zerlegt werden, wurde die Belastung der Arbeitnehmer durch Gefahrstoffe personengetragen und ortsfest ermittelt. Neben der einatembaren (E-Staub, früher Gesamtstaub) und der alveolengängigen Staubfraktion (A-Staub, früher Feinstaub) wurden Schwermetalle, Fasern, Lösemittel und Polychlorierte Biphenyle (PCB) nach anerkannten Verfahren bestimmt. Die Bewertung der Ergebnisse entsprechend TRGS 403 ergab, dass die Staubbelastung im Vordergrund steht. Der derzeit gültige Allgemeine Staubgrenzwert (A-Staub) wurde nicht überschritten, jedoch wurde der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für E-Staub vorgeschlagene Grenzwert bei mehreren Messungen nicht eingehalten. Wesentliche Beiträge zum Bewertungsindex I(MAK) kommen durch die Stoffe mit MAK-Wert (Blei, Silber, Nickel und Kupfer) zustande. Der Bewertungsindex I(TRK) wird durch Cadmium dominiert.

Derzeit kann in den betroffenen Betrieben eine dauerhaft sichere Einhaltung des Grenzwertes für Stoffgemische nicht gewährleistet werden. Es ist aber durchaus möglich den Grenzwert einzuhalten, wenn eine Reduzierung der Staubbelastung der dort beschäftigten Arbeitnehmer durch technische und/oder organisatorische Maßnahmen erreicht wird.

1 Einleitung

Circa 2 Mio. Tonnen Elektro- und Elektronikschrott (E-Schrott) fallen jährlich in der Bundesrepublik Deutschland an, ca. 8 Mio. Tonnen produzieren die 15 EU-Mitgliedsstaaten in einem Jahr – Tendenz steigend [1]. Dabei handelt es sich um Geräte der Unterhaltungselektronik (Fernseher, Radios u.a.) oder um Haushaltsgeräte (Kühlschränke, Waschmaschinen u.a.) ebenso, wie um Compu-

ter oder um elektronisches Spielzeug (Abb. 1). Ein Großteil davon wurde bisher nach Ablauf der Nutzungsdauer einfach mit dem Haus-, Sperr- oder Gewerbemüll entsorgt. Bei der Deponierung oder Verbrennung dieser Altgeräte werden die darin enthaltenen Gefahrstoffe teilweise freigesetzt und führen zwangsläufig zu einer Belastung der Umwelt.

Spezielle Anforderungen an die Entsorgung ausgedienter elektrischer und elektronischer Altgeräte werden in Deutschland vom Gesetzgeber und den beteiligten Kreisen seit rund zehn Jahren diskutiert, ohne dass es bislang zu einer abschließenden Regelung für diesen Produktbereich gekommen wäre. Die allgemeinen rechtlichen Rahmenbedingungen haben sich allerdings mit dem Inkrafttreten des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes [2] grundlegend verändert.

Mit der Verabschiedung einer produktbezogenen Rücknahmeverordnung für Elektronikaltgeräte durch die Bundesregierung ist jedoch vorläufig nicht zu rechnen. Nachdem die EU-Kommission im Juni des Jahres 2000 einen Vorschlag des Europäischen Parlaments und des Rates für eine Richtlinie über Elektro- und Elektronikaltgeräte sowie einen Vorschlag für eine Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in elektrischen und elektronischen Geräten vorgelegt hat, wird auf dieser Basis die weitere Diskussion national und EU-weit zu führen sein. Aus dieser Situation folgt, dass die ordnungsgemäße und schadlose Entsorgung von Elektro(nik)altgeräten aus privaten Haushalten zumindest noch einige Jahre im Zuständigkeitsbereich der öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger verbleiben wird.

Mit der Umsetzung der Vorgaben des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes zur „hochwertigen Verwertung“ von Elektro(nik)altgeräten wird aus einem vormaligen Umweltproblem (Deponierung) ein Arbeitsschutzproblem, da die Zerlegung der Altgeräte in den ca. 500 deutschen Zerlegebetrieben überwiegend manuell durchgeführt wird. Das Entfernen der schadstoffhaltigen Komponenten aus dem Stoffkreislauf ist dabei aus Gründen des Umweltschutzes unbedingt erforderlich.

Bei den schadstoffhaltigen Bauteilen kann es sich beispielsweise um Bildröhren (Leuchtschicht), Kondensato-



Abb. 1: Haushaltsgeräte wie Wasch- und Geschirrspülmaschine (sogenannte „Weiße Ware“) haben einen großen Anteil am E-Schrottaufkommen.



Abb. 2: EDV-Geräte haben durch schneller verlaufende Innovationszyklen immer kürzere Nutzungszeiten.

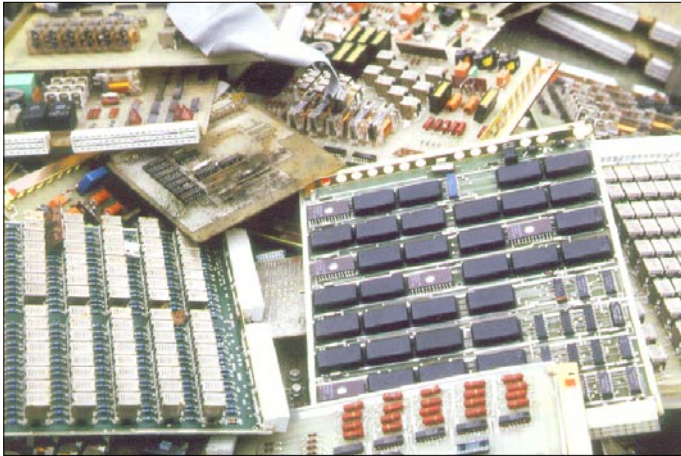


Abb. 3: Elektronische Bauelemente und -gruppen finden sich heutzutage nahezu in allen elektrisch betriebenen Geräten in einer unübersehbaren Vielfalt und tragen deshalb wesentlich zum E-Schrottaufkommen bei.

ren und Trafos (Polychlorierte Biphenyle), Quecksilberschalter oder um Batterien und Akkus (Schwermetalle wie Nickel, Cadmium, Quecksilber) handeln (Abb. 2 und Abb. 3).

Die bis zu 50 Einzelfraktionen, die bei der Zerlegung anfallen, werden getrennt gesammelt und gelagert. Schad- und gefahrstoffhaltige Komponenten werden dem Stoffkreislauf entzogen und als Reststoffe beseitigt (Sondermüll) oder in Einzelfällen auch aufgearbeitet. Nicht verwertbare Fraktionen werden als Abfall auf Deponien abgelagert oder der thermischen Verwertung zugeführt. Die Wertstofffraktionen werden im Sinne der Kreislaufwirtschaft einer weiteren Verwendung zugeführt.

Viele der Zerlegebetriebe, in der Mehrzahl Klein- und Mittelbetriebe, sind jedoch überfordert, wenn es darum geht, die komplexen gesetzlichen Bestimmungen von Chemikalien- und Arbeitsschutzgesetz umzusetzen, um ihre Arbeitnehmer vor gesundheitlichen Schäden zu schützen. Nur wenn detaillierte Informationen über Art und Umfang der Belastungssituation der Arbeitnehmer zur Verfügung stehen, lassen sich gezielte Maßnahmen zur Minimierung der Gefahrstoffbelastung festlegen und durchführen.

2 Projektbeschreibung

Ziel eines von der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU) im Jahr 1998 begonnenen Projektes war es, die gesetzlich vorgegebenen Pflichten zur Umsetzung der arbeitsschutzrechtlichen Regelungen in fünf Betrieben modellhaft zu analysieren und die Betriebe bei deren Umsetzung zu beraten. Hierzu wurden grundlegende Informationen über Organisation, Materialfluss, Arbeitsabläufe und Arbeitstechniken in den Betrieben erfasst sowie die Belastung der Arbeitnehmer durch Gefahrstoffmessungen in der Luft am Arbeitsplatz bestimmt.

Die untersuchten gemeinnützigen Betriebe verfolgen das Ziel, sozial benachteiligte Personen zu qualifizieren und ihre Chancen zur Eingliederung in den freien Arbeitsmarkt zu verbessern [3]. Beschäftigt werden Arbeitslose über 55 Jahre, Langzeitarbeitslose, Sozialhilfeempfänger, Jugend-

liche ohne Schulabschluss, ehemals psychisch Kranke sowie geistig und körperlich Gehandikapte. Die Beschäftigungsdauer der Arbeitnehmer ist meist zeitlich befristet.

Bei der Durchführung der Arbeitsplatzmessungen zur Ermittlung der Gefahrstoffbelastung wurden folgende Stoffe/Stoffgruppen in der Luft am Arbeitsplatz berücksichtigt: A- und E-Staub, Fasern (Asbest, KMF, Gips), (Schwer-) Metalle, Polychlorierte Biphenyle (6 Kongenere) und Lösemittel (Niedrig- und Mittelsieder). Insgesamt wurden in ca. 120 Luftproben die Schichtmittelwerte der Gefahrstoffe ermittelt und über die Berechnung von über 1500 Stoffindices die Grundlage zur Bewertung der Arbeitsplätze geschaffen. Berücksichtigt wurden bei den durchgeführten Messungen ca. 60 Gefahrstoffe [,].

3 Ergebnisse und Bewertung

3.1 Arbeitsbedingungen in den Betrieben

Die im folgenden beschriebenen Randbedingungen sind typisch für die untersuchten Betriebe, unterliegen jedoch von Betrieb zu Betrieb kleinen Variationen.

In keinem der Betriebe lagen Ergebnisse von Gefahrstoffmessungen oder sonstige Informationen über die Exposition der Mitarbeiter/-innen vor. Eine verkürzte Exposition der Arbeitnehmer an den untersuchten Arbeitsplätzen lag entsprechend den Ermittlungen nicht vor. Die Arbeitsplätze befanden sich in der Regel in geschlossenen Räumen. Die Arbeitnehmer hielten sich bei der Zerlegung der Geräte überwiegend an einem bestimmten Arbeitsplatz auf. Der Zerlegebereich konnte als räumlich und organisatorisch zusammenhängender Arbeitsbereich angesehen werden; an allen Arbeitsplätzen wurden vergleichbare Tätigkeiten durchgeführt. In den Betrieben waren zum Zeitpunkt der Messungen zwischen 2 und 17 Arbeitnehmer/-innen mit Zerlegearbeiten beschäftigt. Es wurde jeweils im Einschichtbetrieb gearbeitet, wobei die Wochenarbeitszeit zwischen 36,25 und 39 Stunden betrug. Die Zerlegung erfolgte rein manuell unter Zuhilfenahme von elektrischen oder pneumatischen Schraubern und weiteren Werkzeugen. Die Zerletiefe und die Zahl der Fraktionen waren in den fünf Betrieben vergleichbar. Technische Maßnahmen zur Expositionsminderung wurden, obwohl vereinzelt vorhanden, in keinem der Betriebe genutzt.

Persönliche Schutzausrüstung wurde in der Regel von den Betrieben zur Verfügung gestellt. Bezüglich des Tragens durch die Mitarbeiter ergaben sich aber überall Defizite. Betriebsanweisungen waren nicht in allen Betrieben oder nicht für alle wesentlichen Arbeitsabläufe oder Gefahrstoffe vorhanden, teilweise entsprachen sie nicht den Anforderungen. Gleiches gilt für die Unterweisung der Arbeitnehmer. In einem Betrieb ergaben sich diesbezüglich Probleme wegen eines hohen Anteils der Belegschaft an Analphabeten.

Die Anlieferung der Geräte erfolgte teils einzeln, teils in Containern. Geräte und daraus gewonnene Fraktionen wurden soweit möglich unter Dach gelagert - soweit dies

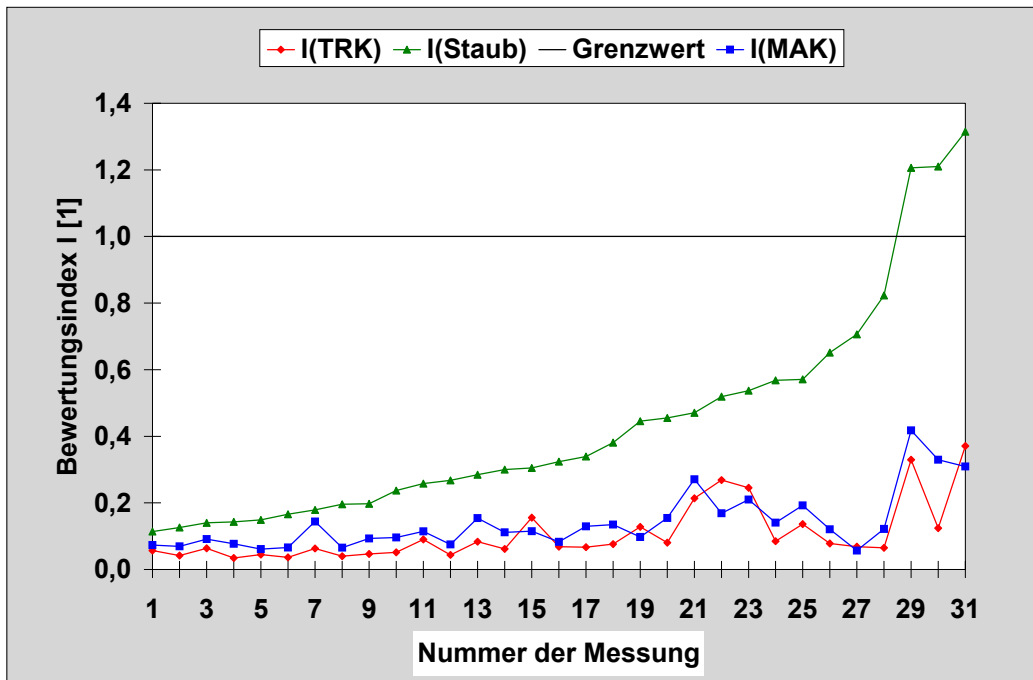


Abb. 4: Verteilung der Messwerte in den untersuchten Recycling-Betrieben für die personenbezogenen Messungen.

nicht möglich war im Freien. Gefahrstoffhaltige Bauteile (Kondensatoren, Batterien/Akkus, Quecksilberschalter, LCD-Anzeigen) wurden nicht konsequent in einem räumlich abgetrennten und abschließbaren Gefahrstofflager untergebracht. Teilweise wurden sie direkt im Arbeitsraum gesammelt und gelagert.

Die Analyse der Arbeitsabläufe ergab, dass als Belastungspfad für die Aufnahme von Gefahrstoffen an Arbeitsplätzen beim Elektronikschrott-Recycling primär die Luft am Arbeitsplatz in Frage kommt. In bestimmten Fällen ist jedoch auch über die Haut eine Gefahrstoffaufnahme möglich. Dies gilt z. B. bei Hautkontakt mit ausgelaufenen, PCB-haltigen Kondensatoren.

3.2 Bewertungsgrundlagen

Zur Bewertung der Belastung der Luft am Arbeitsplatz existieren für Stoffe ohne krebserzeugende Wirkung sogenannte MAK-Werte (Maximale Arbeitsplatz-Konzentration), die unter arbeitsmedizinisch-toxikologischen Gesichtspunkten abgeleitet werden. Bei Einhaltung der MAK-Werte braucht eine Beeinträchtigung der Gesundheit in der Regel nicht befürchtet zu werden. Für Stoffe mit krebserzeugender Wirkung sind sogenannte TRK-Werte („Technische Richt-Konzentration“) festgelegt. Diese TRK-Werte werden durch den Stand der Technik bestimmt und der technischen Entwicklung stetig angepasst. Da trotz Einhaltung von TRK-Werten eine Beeinträchtigung der

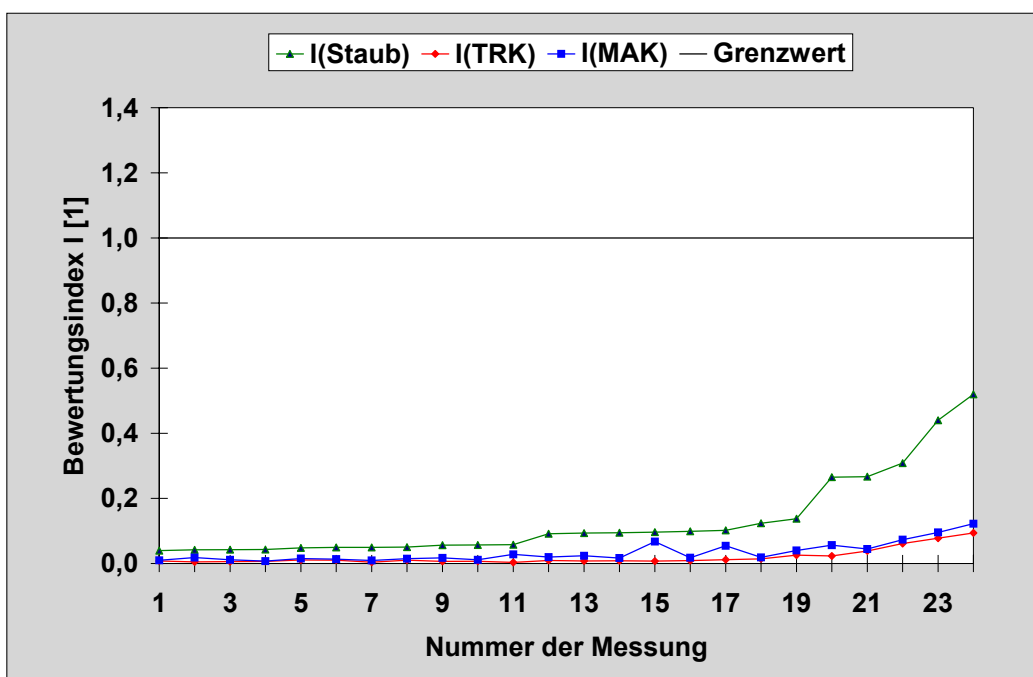


Abb. 5: Verteilung der Messwerte in den untersuchten Recycling-Betrieben für die ortsbezogenen Messungen.

Gesundheit nicht ausgeschlossen werden kann, gilt für krebserzeugende Stoffe ein Minimierungsgebot. MAK- und TRK-Werte sind Schichtmittelwerte und gelten für eine tägliche achtstündige Gefahrstoffbelastung [6].

Zur Beurteilung der Belastung von Arbeitnehmern wird für jeden Stoff das Verhältnis von ermitteltem Messwert und MAK- bzw. TRK-Wert gebildet. Dieser berechnete Stoffindex I beschreibt die „Ausschöpfung“ des festgelegten MAK- bzw. TRK-Wert [7]. Liegt ein Stoffgemisch vor, was an Arbeitsplätzen im E-Schrott-Recyclingbereich die Regel ist, werden die jeweiligen Stoffindices zu einem Bewertungsindex I(MAK) für die Stoffe mit MAK-Wert und einem Bewertungsindex I(TRK) für die Stoffe mit TRK-Wert addiert [8]. Zur Grenzwerteinhaltung darf weder I(MAK) noch I(TRK) den Wert 1 überschreiten. Zudem müssen die Indices für den A-Staub (Allgemeiner Staubgrenzwert: 6 mg/m³ nach [6]) und den E-Staub (DFG-Grenzwert: 4 mg/m³ [9]) berücksichtigt werden.

Die Bewertungsindices können für die Beurteilung der individuellen Belastung von Arbeitnehmern personenbezogen oder für die Beurteilung der Belastung im Arbeitsbereich auch ortsbezogen ermittelt werden.

3.3 Messergebnisse

Die Verteilungen der Bewertungsindices (Schichtmittelwerte) für die personen- und ortsbezogenen Messungen können den Abb. 4 und Abb. 5 entnommen werden. Es zeigt sich, dass die Bewertungsindices I(MAK) und I(TRK) sowohl bei den personen- als auch ortsbezogenen Messungen immer unter dem Wert 1 liegen. Eine nach den Betrieben aufgeschlüsselte Darstellung der Messdaten lässt erkennen, dass diese ein sehr unterschiedliche Belastungsniveau an den Arbeitsplätzen aufweisen (Abb. 6 und Abb. 7). Für drei personenbezogene Messwerte ist I(Staub) größer als 1 und der Grenzwert nach [6] damit überschritten (Abb. 6). In diesen Betrieben wurden während der Messungen vornehmlich Geräte der Unterhaltungselektronik (sogenannte „braune Ware“) zerlegt und schadstoffentfrachtet. In Betrieb 4 wurde hauptsächlich Auftragszerlegung für Produktionsabfälle der Elektroindustrie und Zerlegung „brauner Ware“ durchgeführt, während in Betrieb 5 vornehmlich große Haushaltsgeräte wie Waschmaschinen und Herde (sogenannte „weiße Ware“) zerlegt/schadstoffentfrachtet und repariert wurden.

Generell kann festgestellt werden, dass durch die Staubaufwirbelung bei der Gerätezerlegung die direkt im Atembereich der Arbeitnehmer durchgeführten Messungen (personenbezogenen) ein wesentlich höheres Niveau aufweisen als die ortsbezogenen Messungen, welche die Grundbelastung im Arbeitsbereich der Arbeitnehmer repräsentieren.

3.4 Beiträge zur Gefahrstoffbelastung durch einzelne Stoffe/Stoffgruppen

Die Schwermetalle Blei, Silber, Eisen, Vanadium, Nickel, Kupfer u.a. liefern die wesentlichen Beiträge zum I(MAK),

während Quecksilber, Lösemittel und die PCBs nach den vorliegenden Messergebnissen nur kleine Beiträge liefern. Zum I(TRK) trägt hauptsächlich Cadmium bei. Die Belastung durch Fasern, Lösemittel und durch Polychlorierte Biphenyle kann in der Regel vernachlässigt werden.

Stoff/Stoffgruppe	Beitrag zu I(MAK)	Beitrag zu I(TRK)
Fasern (Asbest und KMF) *3	-	< 0,1
Schwermetalle *4	< 0,1 - 0,42	< 0,1 - 0,37
Quecksilber *3	< 0,1 (- 2,1 *2)	-
Lösemittel *3	< 0,1	< 0,1
PCB *3	< 0,1	-
Stäube	Indices	
E-Staub *4	< 0,1 – 1,3 *1	
A-Staub *3, 5	< 0,1	

*1 Der Stoffindex beruht auf dem Staubgrenzwert von 4 mg/m³ (E-Staub) der DFG [9], welcher bisher nicht in [6] übernommen wurde.

*2 Messwert wurde an einem mit Quecksilber kontaminierten Arbeitsplatz ermittelt.

*3 ortsbezogene Messungen.

*4 ortsbezogene und personenbezogene Messungen.

*5 Der Stoffindex beruht auf dem allg. Staubgrenzwert von 6 mg/m³ (A-Staub) nach [6].

Die Tabelle gibt einen Überblick über die Beiträge der einzelnen Stoffe/Stoffgruppen beim E-Schrottrecycling in den untersuchten Betrieben.

Aus den vorliegenden Ergebnissen ergibt sich, dass in den Recyclingbetrieben vor allem die Belastung durch E-Staub (welcher Schwermetalle beinhaltet) im Vordergrund steht. Bei Berücksichtigung der Tatsache, dass die (Schwer-) Metalle vornehmlich an Staubpartikel gebunden sind, wird die dominierende Rolle des Staubes für die Belastungssituation an den Arbeitsplätzen zusätzlich hervorgehoben.

3.5 Korrelation von Staub- und Gefahrstoffbelastung

Den linearen Zusammenhang zwischen I(Staub) und I(MAK) der personen- und ortsbezogenen Messungen zeigen die Abb. 8 und Abb. 10. Die Steigungen von 0,21 (ortsbezogen) und 0,21 (personenbezogen) der errechneten Regressionsgeraden sind innerhalb der angegebenen Standardabweichungen identisch. Einen analogen Zusammenhang findet man auch zwischen I(Staub) und I(TRK) (Abb. 9 und Abb. 11). Auch hier sind die Steigungen von 0,18 (ortsbezogen) und 0,19 (personenbezogen) der errechneten Regressionsgeraden innerhalb der angegebenen Standardabweichungen identisch. Damit ist es möglich, I(MAK) und I(TRK) nahezu unabhängig von der Art der Messung (orts- oder personenbezogen) und des Tä-

tigkeitsbereiches der untersuchten Betriebe über den I(Staub) abzuschätzen.

Die im Vergleich zu den ortsbezogenen Messungen stärkere Streuung (kleinere Korrelationskoeffizienten und größere Standardabweichungen) bei den personenbezogenen Messungen sind auf die sehr individuelle Arbeitsweise und Leistungsfähigkeit der einzelnen Mitarbeiter zurückzuführen, die durchaus auch Einfluss auf die Belastung durch einzelne Teilfraktionen der E-Staubfraktionen haben kann. Bei den ortsbezogenen Messung wird im Gegensatz dazu ein gemittelter Wert aller im Arbeitsbereich tätigen Arbeitnehmer erhalten, der den Einfluss der Einzelbeiträge nur gewichtet widerspiegelt und damit weniger anfällig für große Streuungen ist.

4 Fazit

Es zeigte sich, dass in den Betrieben ein großes Informationsdefizit bezüglich der tatsächlichen Gefahrstoffbelastung der Mitarbeiter und deren Bewertung vorhanden war. Durch eine kooperative Zusammenarbeit war es möglich, in Zusammenarbeit mit den fünf Betrieben die Arbeitsplätze zu analysieren und praktikable Lösungsmöglichkeiten für die aufgetretenen Probleme zu entwickeln.

Aufgrund der relativ hohen Staubbelastung wurden den einzelnen Betrieben betriebsbezogene Maßnahmen vorgeschlagen, die auf eine generelle Absenkung des Belastungsniveaus von Staub abzielen. Weiterhin wurde versucht, ein Problembewusstsein für die mögliche Gefahrstoffaufnahme über die Haut zu schaffen und hygienische Maßnahmen anzuregen. Es zeigte sich, dass sich künftig die organisatorischen Arbeitsschutzmaßnahmen in verstärktem Maße an den manuellen und intellektuellen Fähigkeiten der Arbeitnehmer der einzelnen Betriebe orientieren müssen.

5 Ausblick

Die Ergebnisse dieses Projektes sind durch die Mitarbeit der LfU in einen Arbeitskreis von Arbeitsschutzinstitutionen auf Bundesebene eingeflossen, der sich mit der Problematik der Gefahrstoffbelastung an E-Schrott-Recyclingarbeitsplätzen beschäftigt. Ziel ist es, Empfehlungen für derartige Arbeitsplätze so zu formulieren, dass die Einhaltung der Grenzwerte gewährleistet werden kann.

Hierbei wird die grundsätzliche Vorreinigung von Bildschirmgeräten mittels Druckluft in einer geschlossenen, abgesaugte Reinigungskabine diskutiert. Darüber hinaus muss die Kontamination von Geräten mit Gefahrstoffen aus defekten Geräten durch geeignete Lagerung von der Sammlung bis zur Zerlegung minimiert werden. Weiterhin sind geeignete Hautschutzmaßnahmen zu berücksichtigen.

Der sich stetig ausweitende Markt der Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik wird uns voraussichtlich immer kurzlebigere Produkte bescheren und so weiterhin große Abfallberge anhäufen, die entsorgt werden müssen (gegenwärtig gehen pro Jahr in der Bundesrepublik Deutsch-

land ca. 5,5 Mio. Rechner, 6 Mio. Drucker, ca. 4 Mio. Monitore über den Ladentisch). Durch den technischen Fortschritt werden stetig neue Stoffe in immer neuen Produkten zur Anwendung gelangen. Dies bedeutet für eine Kreislaufwirtschaft aber auch, dass die Arbeitsschutzbedingungen für die Arbeitnehmer einer ständigen Anpassung unterliegen müssen, damit deren Gesundheit nicht durch Gefahrstoffbelastungen am Arbeitsplatz gefährdet wird.

6 Literatur

- [1] Lehmann, I.: Heißes Eisen – Elektronikschrott-Recycling zwischen Ökonomie und Ökologie; ECOregio 5/2000, S. 6 ff
- [2] Gesetz zur Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen, Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (KrW-/AbfG) vom 27.09.1994 (BGBl I, S. 2705) i.d.F. vom 22.06.98 (BGBl I, S. 1485)
- [3] Grote, A.: Brückenschlag - Soziales Elektronikschrott-Recycling, c't, Heft 11, S. 126 - 128 (1996)
- [4] Blum, B.: Schadstoffe in elektrischen und elektronischen Geräten, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York (1996)
- [5] Steinhilper, R.; Hieber, M.; Hornberger, M.: Vorstudie zur Ermittlung von Stoffen und Substanzen mit Gefährdungspotentialen für Mitarbeiter beim Zerlegen von E-lektronikschrott, Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (1996)
- [6] Technische Regeln für Gefahrstoffe, TRGS 900: „Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz - Luftgrenzwerte“, Ausgabe Oktober 1996 (BArbBl. 10/1996, S. 106 - 128, zuletzt geändert (BArbBl. 10/1998, S. 73 - 74)
- [7] Technische Regeln für Gefahrstoffe, TRGS 402: „Ermittlung und Beurteilung der Konzentration gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen“, Ausgabe November 1997 (BArbBl. 11/1997, S. 27 - 33)
- [8] Technische Regeln für Gefahrstoffe, TRGS 403: „Bewertung von Stoffgemischen in der Luft am Arbeitsplatz“, Ausgabe Oktober 1989 (BArbBl. 10/1989 S. 71)
- [9] Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), MAK- und BAT-Werte-Liste 1999, Mitteilung 35 (1999), Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, WILEY-VCH Verlag GmbH, Weinheim

Der o.g. Beitrag wurde veröffentlicht in der Fachzeitschrift: „Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft“ 61 (2001) Nr. 5, S. 175–179

Einzelberichte bzw. ein ausführlicher Projektbericht liegt dem Referat 34 (Arbeitsschutz, Chemikalien) der LfU vor.

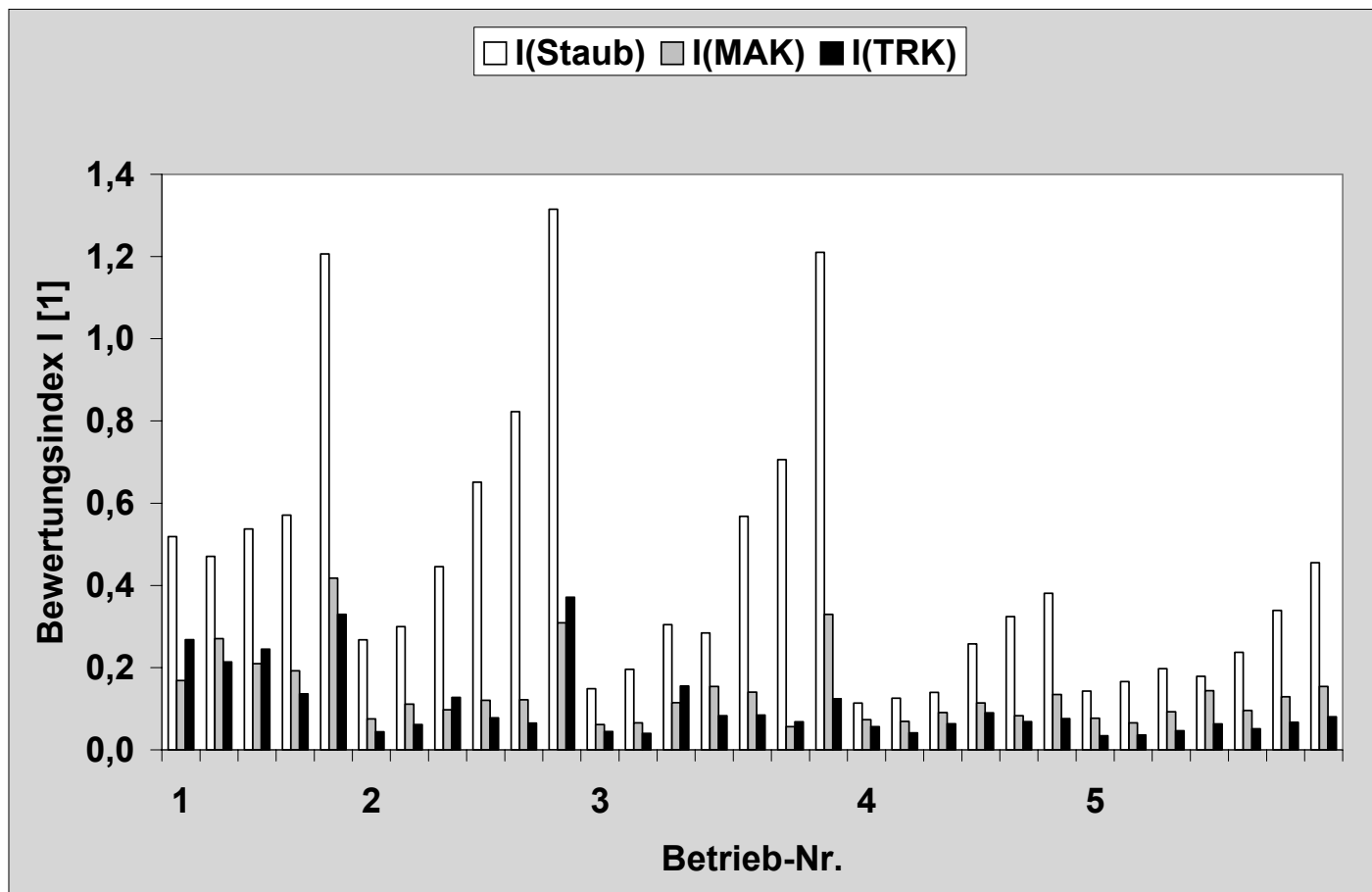


Abb. 6: Überblick über die Belastungssituation in den untersuchten Recycling-Betrieben für die personenbezogenen Messungen.

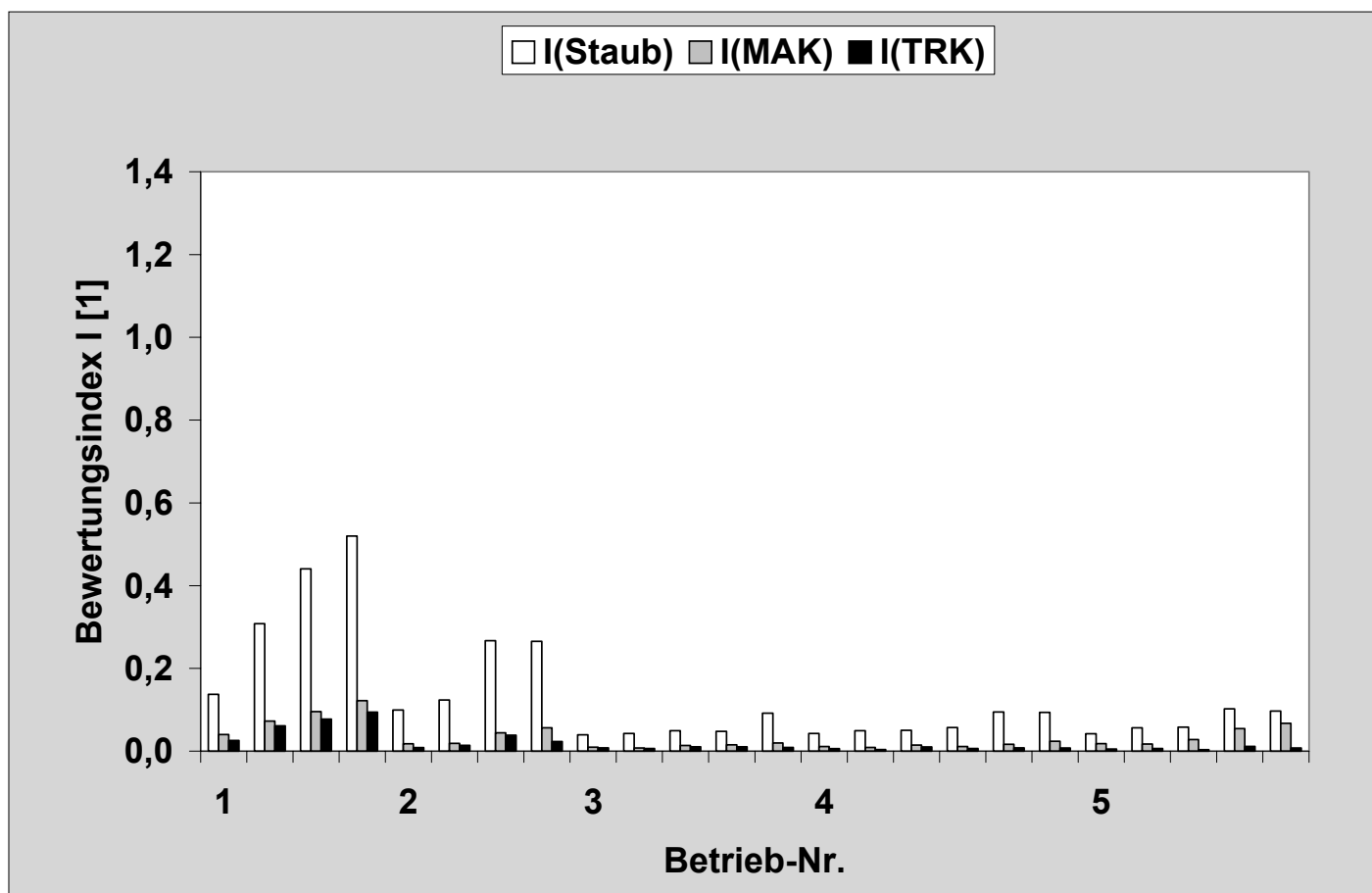


Abb. 7: Überblick über die Belastungssituation in den untersuchten Recycling-Betrieben für die ortbezogenen Messungen.

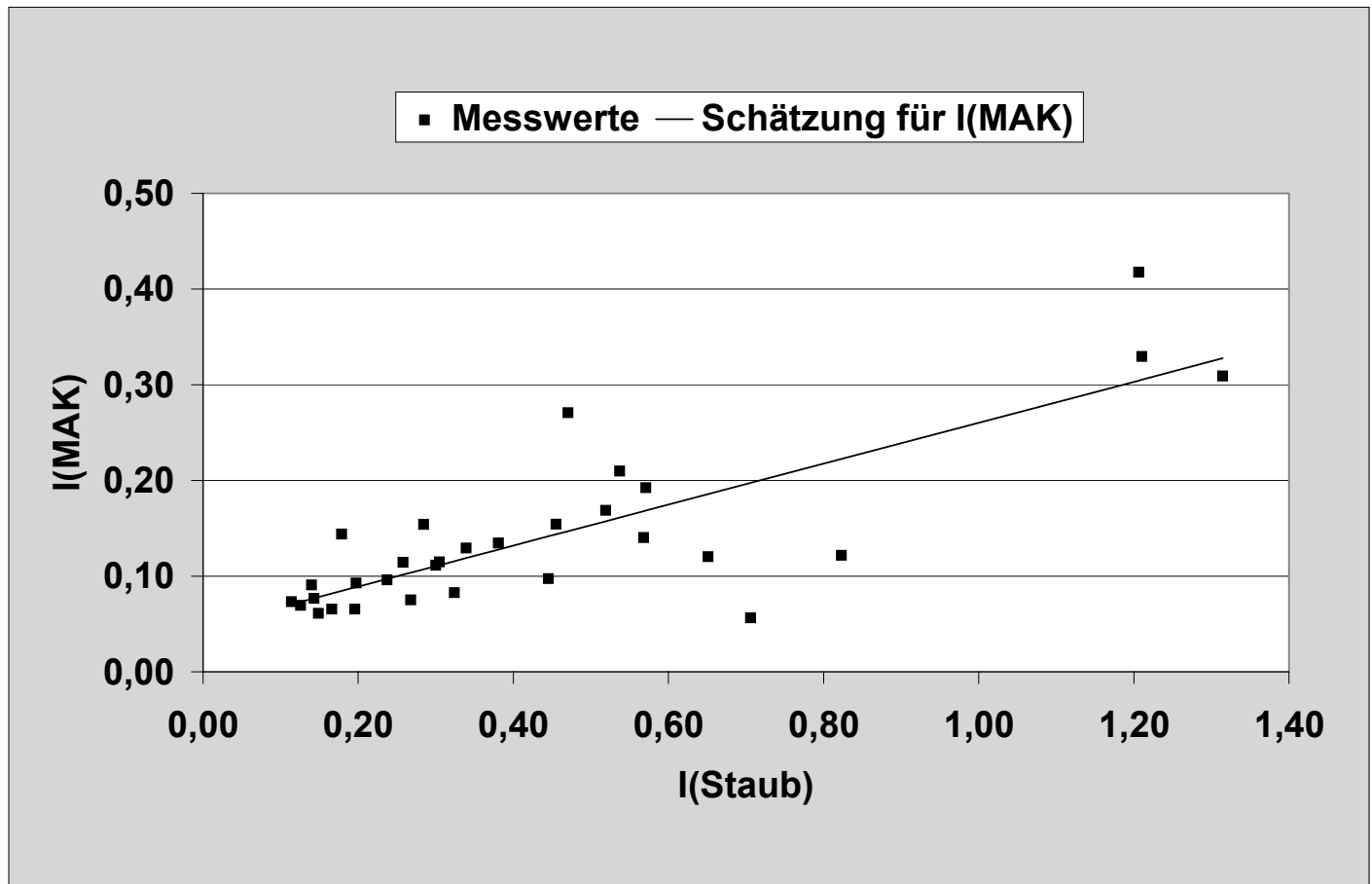


Abb. 8: Korrelation zwischen Staubbelastung und Belastung durch Stoffe mit MAK-Wert über alle fünf Betriebe (personenbezogene Messungen).

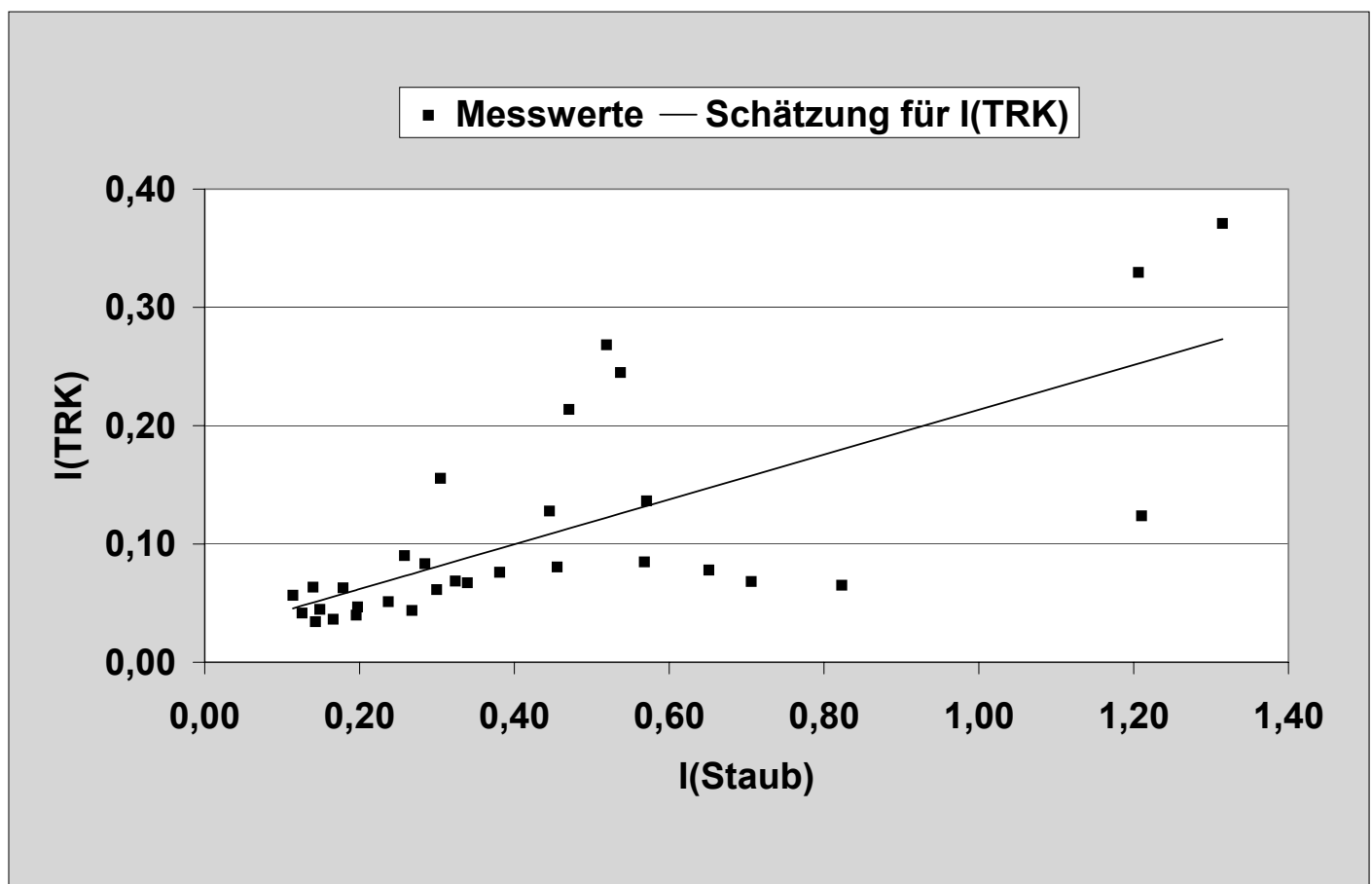


Abb. 9: Korrelation zwischen Staubbelastung und Belastung durch Stoffe mit TRK-Wert über alle fünf Betriebe (personenbez. Messungen).

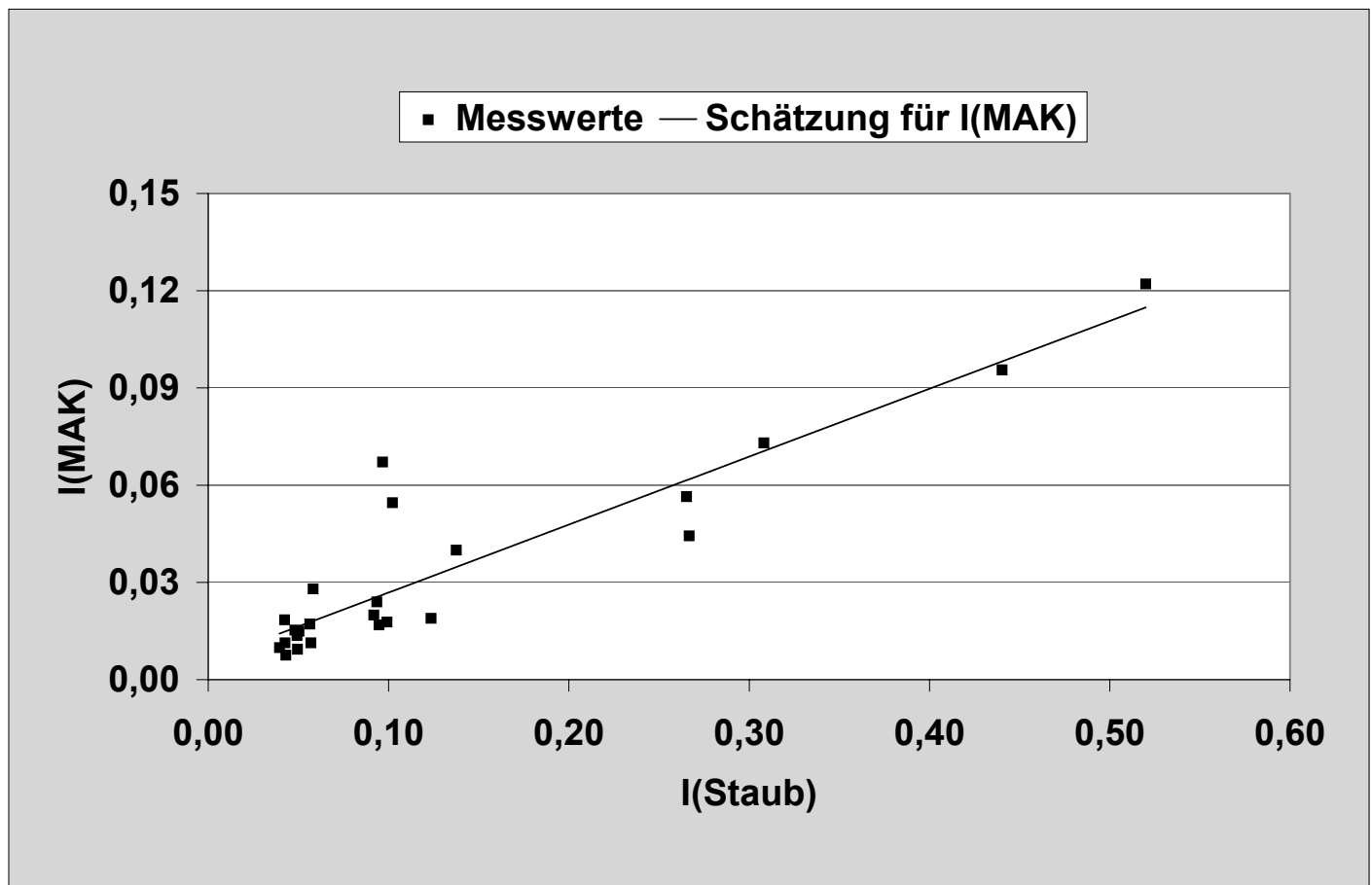


Abb. 10: Korrelation zwischen Staubbelastung und Belastung durch Stoffe mit MAK-Wert über alle fünf Betriebe (ortsbezogene Messungen).

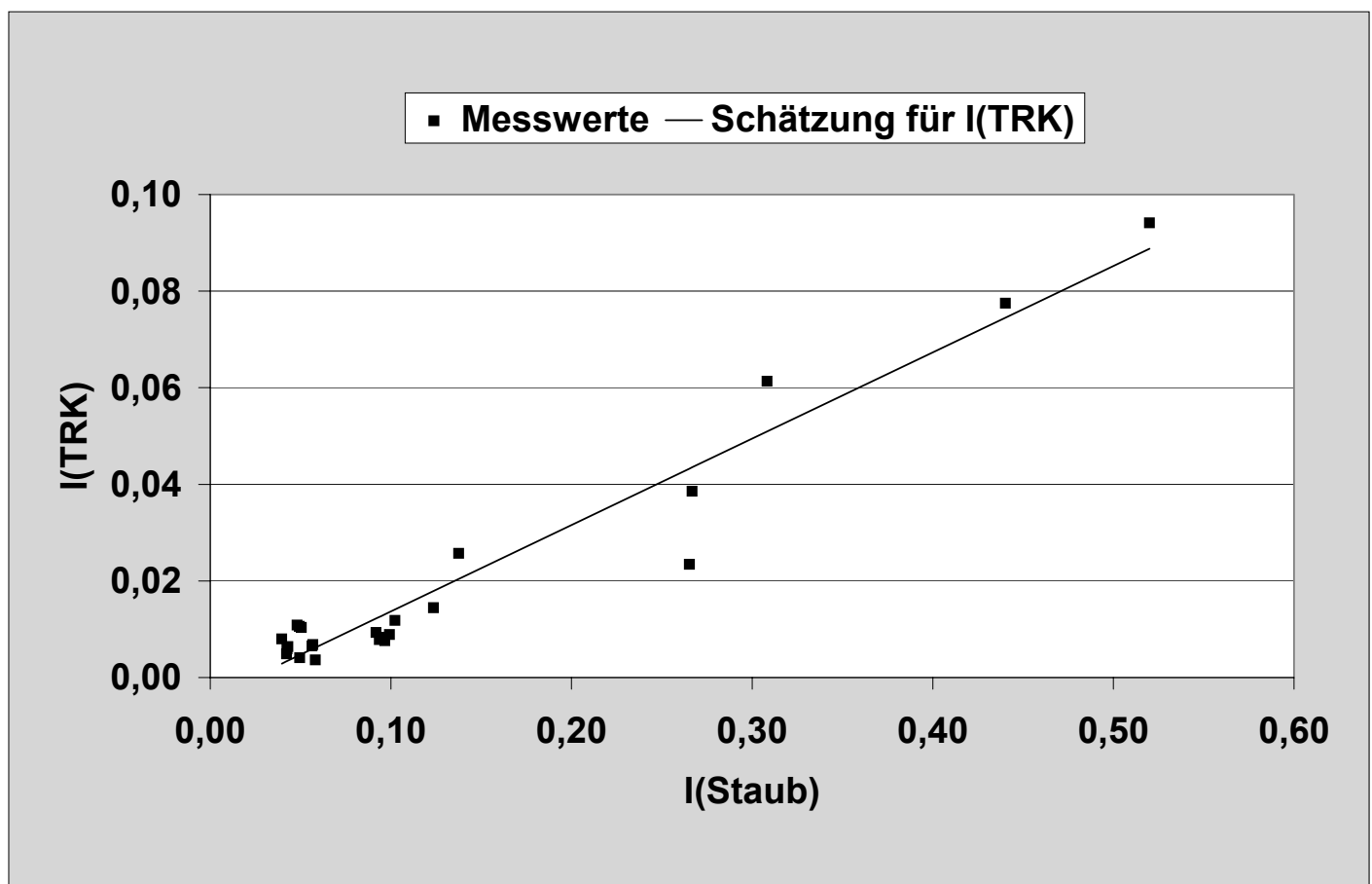


Abb. 11: Korrelation zwischen Staubbelastung und Belastung durch Stoffe mit TRK-Wert über alle fünf Betriebe (ortsbezogene Messungen).