



Job-Exposition-Matrix

Tool für die arbeitsmedizinische Forschung

Dirk Taeger

Berufliche Gesundheitsgefahren zu erkennen und zu quantifizieren, ist der Kernbereich der arbeitsmedizinischen Forschung. Stehen keine direkten Expositionsdaten für die Teilnehmenden einer epidemiologischen Studie zur Verfügung, kann eine Job-Expositions-Matrix (JEM) als Alternative dazu verwendet werden, um eine möglicherweise vorhandene Dosis-Wirkungsbeziehung und damit das expositionsabhängige Gesundheitsrisiko abzuschätzen.

Häufig ist der erste Schritt in der arbeitsmedizinischen Forschung zunächst herauszufinden, ob bestimmte Berufsgruppen oder Beschäftigte eines Unternehmens, einer ganzen Branche oder auch eines bestimmten Produktionsprozesses einem erhöhten Gesundheitsrisiko ausgesetzt sind. Dies wird dadurch erreicht, indem die Mortalität oder Morbidität dieser Gruppen mit der einer unbelasteten Gruppe oder der Allgemeinbevölkerung verglichen wird. Natürlich ist dabei darauf zu achten, dass diese Vergleichsgruppen - mit Ausnahme der Exposition - der exponierten Gruppe möglichst ähnlich sind, zum Beispiel also eine gleichartige Altersstruktur aufweisen und vom gleichen Geschlecht sind.

Nach dem Erkennen von Berufsgruppen-spezifischen Gesundheitsgefahren muss im nächsten Schritt das Erkrankungsrisiko quantifiziert werden. Im Fokus steht also die Abschätzung von Dosis-Wirkungsbeziehungen. Mittels dieser lässt sich ermitteln ab wann das Risiko ein Maß erreicht, das nicht mehr tolerierbar ist. Somit ergibt sich die Möglichkeit Tätigkeiten umzugestalten oder mit Grenzwerten Einfluss auf die Expositionshöhen zu nehmen.

Direkte versus indirekte Expositionsmessung

Wenn man die Belastung von Beschäftigten erfassen möchte, bieten sich gezielte Messungen an. Der Begriff Exposition kann dabei sehr weit gefasst werden. Voraussetzung ist jedoch, dass die Exposition entweder quantitativ oder semi-quantitativ erfasst werden kann. Semi-quantitativ bedeutet, dass eine Ordnung existiert,

zum Beispiel in hoch, mittlere oder niedrige Exposition oder auch Exposition vorhanden oder nicht vorhanden, als einfachste Skala.

Die auf den ersten Blick beste Expositionsmessung ist die direkt durchzuführende, wie etwa mit einem Dosimeter zur Messung von Strahlendosen. Diese direkte Messung liefert für eine Person die beste Abschätzung seiner persönlichen Exposition und ist zudem die Art der Expositionserfassung mit den wenigsten Voraussetzungen. Leider existieren nicht für alle Expositionen Messgeräte, die die Belastung auf individueller Ebene erfassen können. Selbst wenn ein Messgerät existiert, ist es nicht unbedingt in der Vergangenheit zur Expositionserfassung eingesetzt worden. Insbesondere in retrospektiven Studien ist die direkte Expositionsmessung häufig nicht möglich. Aber auch in prospektiven Studien erweist sich diese Art der Messung häufig als nicht praktikabel. Messgeräte sind unter Umständen schwer und unkomfortabel. Das schränkt ihren Einsatz stark ein oder verringert die Bereitschaft von Beschäftigten solch ein Gerät zu tragen.

Mit der indirekten Expositionserfassung kann das Problem gelöst und eine JEM erstellt werden. Hier wird nicht die individuelle Exposition, sondern die Exposition einer Gruppe bestimmt und diese dann auf die einzelnen Mitglieder der Gruppe übertragen. Dies kann nur dann valide erfolgen, wenn die einzelnen Gruppen gleiche oder ähnliche Expositionsprofile aufweisen. Sie ist preiswerter und praktikabler. Außerdem ist die indirekte Expositionserfassung ohne

weiteres in retrospektiven Studien anzuwenden, wenn Messungen oder Expertenschätzungen für die einzelnen Expositionsgruppen vorliegen. Diesen Vorteilen stehen aber auch Nachteile gegenüber. Zum einen muss die Validität der Expositionserfassung geprüft werden und zum anderen muss die Frage beantwortet werden, wie gut die Exposition der Gruppe die Exposition des einzelnen Individuums repräsentiert. Jedoch stellt die indirekte Expositionserfassung häufig die einzige Möglichkeit dar, um überhaupt die Exposition zu erfassen. Daher müssen Nachteile in Kauf genommen werden. Die Einfachheit dieses generellen Konzeptes haben die Anwendung von so genannten Job-Exposure-Matrixen – kurz JEMs – für die Wissenschaft interessant und zugleich populär gemacht.

Verschiedene Arten von JEMs

Nun unterscheiden sich JEMs durchaus, je nach Intention. Allen JEMs ist jedoch gemeinsam, dass sie Informationen zur Beschäftigung („job“) mit Informationen zur Exposition („exposure“) in Beziehung zueinander setzen. Coughlin und Chiaze unterscheiden mehrere Arten von JEMs [1]. Weiter vereinfachen lässt sich dies auf zwei verschiedene Arten von JEMs. Zum einen handelt es sich um JEMs, die Anwendung in populations-basierten Studien finden. Hier werden Berufe der Studienteilnehmer erhoben und mittels eines entsprechenden Kodiersystems für Berufe verschlüsselt. Diesen Berufen wird dann eine entsprechende Exposition zugeordnet. Diese JEMs nennt man generische JEMs [2]. Häufig werden diese JEMs in Querschnittstudien oder Fall-Kontroll-Studien, die populations-basiert sind, eingesetzt. Somit kann für einzelne Berufe das Erkrankungsrisiko geschätzt werden.

Branchen- oder Firmen-spezifische JEMs bilden die zweite Art von JEMs. Sie sind entweder auf eine bestimmte Branche oder Firma zugeschnitten und deshalb nicht ohne weiteres auf andere Branchen oder Firmen übertragbar. Dafür sind sie aber sehr spezifisch und bilden in der Regel die Exposition genauer ab. Hier werden nicht die Expositionen ganzen Berufsgruppen zugeordnet, sondern einzelnen Arbeitsphasen oder Tätigkeiten. Somit wird die Exposition genauer für jeden Exponierten geschätzt.

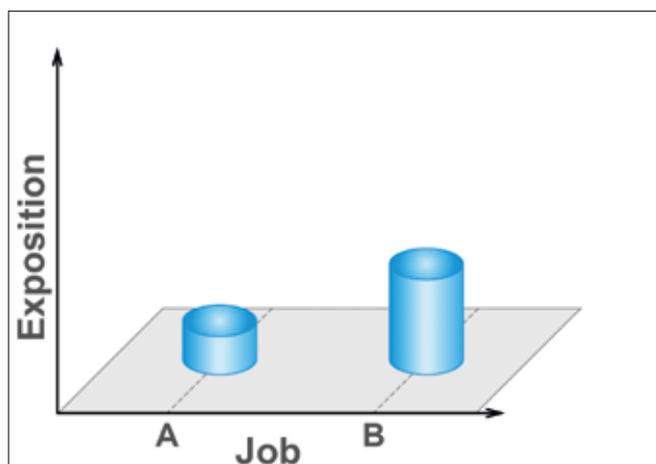


Abbildung 1: Die grundlegende Form einer JEM

Aufbau einer JEM

Jede JEM weist einer dem speziellen Studienzweck angepasste Datenstruktur auf. Allerdings liegt allen JEMs eine gemeinsame Struktur zu Grunde. In ihrer einfachsten Form besteht eine JEM aus zwei Dimensionen: Job und Exposition (s. Abb. 1). Unter dem Begriff Job werden sowohl Berufe als auch Arbeitsphasen etc. verstanden und unter Exposition sowohl Messwerte wie auch Expositivkategorien oder nominale Expositionshöhen. In der Abbildung werden also den beiden Jobs A und B jeweils zwei verschiedene Expositionshöhen zugeordnet.

Häufig ist es notwendig, mindestens eine dritte Dimension in die JEM mit einzubeziehen. Gerade in Längsschnittstudien ändern sich Expositionsbedingungen im Laufe der Zeit. Maschinen werden zum Beispiel ersetzt oder der Einsatz neuer Technologien bedingt eine Veränderung der Expositionssituation. Um dies zu berücksichtigen findet sich häufig die Dimension „Zeit“ in JEMs (Abb. 2).

Es kann auch nötig werden, die Anzahl der Dimensionen zu erhöhen. Es sollten schließlich alle Faktoren Berücksichtigung finden, die die Expositionshöhen verändern können. Dazu können unter anderem auch Art des Messgerätes und Messstrategie zählen. Sollten gleiche Arbeitsplätze in zwei Betrieben unterschiedliche Expositionshöhen aufweisen, ist die Dimension „Betrieb“ in die JEM mit aufzunehmen. Umgehen ließe sich das, wenn statt des Arbeitsplatzes gleich die Maschine oder der Herstellungsprozess als Dimension berücksichtigt wird.

Eine JEM ist also eine durchaus mehrdimensionale Matrix. In dieser Matrix werden die Anwesenheit, die Intensität, die Häufigkeit und oder die Wahrscheinlichkeit einer Exposition eines Stoffes für einen bestimmten Job [2] abgebildet. In der Regel also qualitative oder quantitative Angaben.

Ermittlung der Daten für eine JEM

Die Aussagen in epidemiologischen Studien sind natürlich nur so gut, wie die Daten die diesen Aussagen zugrunde liegen. Somit

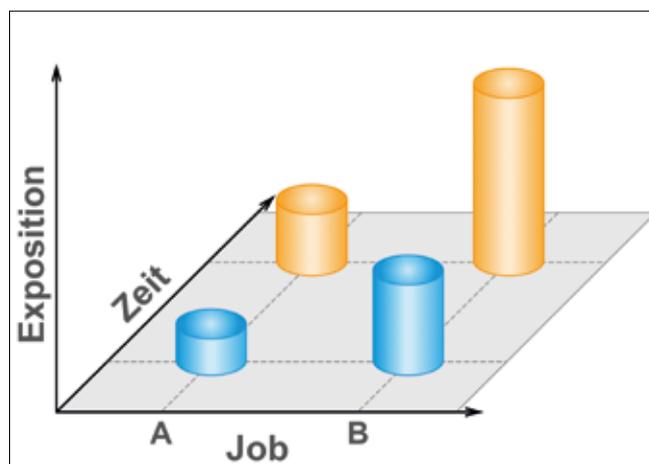


Abbildung 2: Eine 3-dimensionale JEM



kommt den Daten einer JEM eine bedeutende Rolle zu. Grundsätzlich erlaubt, wie bereits oben erwähnt, eine JEM eine vereinfachte Zuordnung einer Exposition zu einer Person, falls keine direkten Expositionsmessungen vorhanden sind. Dennoch sollte eine JEM die besten verfügbaren Informationen beinhalten. Da die Angaben zu den Jobs direkt mit der Exposition über die JEM verbunden sind, ist die Vollständigkeit und Genauigkeit der Angaben äußerst wichtig. Für viele chemische und physische Arbeitsbelastungen liegen hohe Expositionen vor allem aus vergangenen Arbeitsphasen vor. Aber gerade lang zurückliegende Arbeitszeiten wie auch Expositionen lassen sich schlechter abschätzen, als die Angaben in kürzer zurückliegenden Perioden. Aufgrund von Erinnerungsproblemen, häufigem Jobwechsel oder fehlenden Unterlagen können Expositionsperioden schwer rekonstruierbar sein oder stehen gar nicht zur Verfügung.

All dies gilt auch für die Erfassung der Exposition. Hier kommt jedoch noch hinzu, dass diese auf zwei Arten erfolgen kann. Einmal a-priori über vorhandene Informationen zur Exposition verschiedener Jobs oder Arbeitsprozesse und zum anderen durch die Erfassung der individuellen Exposition, die dann einem Arbeitsprozess zugeordnet und auf andere übertragen wird, obwohl für diese keine eigenen Expositionsdaten vorhanden sind. Allgemein wichtig sind Informationen zum industriellen Prozess, dem Standort, Start und Ende des Prozesses. Informationen hierzu können über Handbücher, Karten, Befragungen etc. erlangt werden. Existieren Messungen sowie Messprotokolle, sind diese mit einzubeziehen. Fehlende Werte können über eine geeignete statistische Modellierung ersetzt werden. Zudem muss über die Metrik der Expositionsdimension entschieden werden. Liegen genug Messwerte vor kann diese stetig sein. Häufig kann aber auch nur die Einteilung in Kategorien

Glossar

Morbidität	Krankheitshäufigkeit einer Bevölkerung
Mortalität	Sterblichkeitshäufigkeit einer Bevölkerung
JEM	Eine Job-Expositions-Matrix besteht aus einer (durchaus mehrdimensionalen) Matrix, in deren einfachsten Version den Zellen der Matrix eine Expositionshöhe für eine bestimmte Beschäftigung zugeordnet wird.
Expositionsmetrik	Die Werte der Exposition können unter anderem stetig sein (jeden beliebigen Wert innerhalb eines Intervalls annehmen) oder auch kategorial (also in Gruppen eingeteilt) sein.
Sensitivitätsanalyse	In diesen wird der Einfluss von Faktoren auf das Ergebnis überprüft, um zu schauen, ob und wie diese Faktoren das Ergebnis relevant beeinflussen.

wie „hoch“, „mittel“ und „niedrig“ exponiert vorgenommen werden. Zudem kann gerade in populationsbezogenen Studien der Anteil der exponierten Population als ein Gewichtungsfaktor noch hinzukommen. Befragungen können dann von Experten bewertet werden und in die JEM einfließen.

Validität einer JEM

Die optimale JEM weist eine 100% Sensitivität und eine 100% Spezifität auf, stuft also im Idealfall alle exponierten Personen als exponiert und alle nicht-exponierten Personen als nicht-exponiert ein. In der Realität wird dieses Ideal nicht erreicht und die Höhe dieser beiden Maße ist nicht bekannt. Das Problem der generischen JEMs ist häufig die geringe Sensitivität [2]. Denn häufig ist die Variabilität der Exposition innerhalb eines Jobs zu groß, d. h. auch Personen, die nicht oder nur marginal exponiert waren, werden als exponiert eingestuft. Eine geringe Sensitivität hat Einfluss auf die Risikoschätzer. Aber nicht jede Missklassifikation der Exposition führt im gleichen Maße zu einer Verzerrung. Ist die Expositionserhebung unabhängig von dem Erkrankungsstatus, spricht man von einer nicht-differenziellen Missklassifikation. Diese führt in der Regel zu einer Unterschätzung eines erhöhten Risikos. Im Gegensatz dazu führt die differenzielle Missklassifikation häufig zu bedeutenden Verzerrungen.

Ein anderes Problem tritt auf, wenn nur eine kleine exponierte Gruppe vorhanden ist. Hier ist es wichtig eine hohe Spezifität der Expositionsschätzung zu erreichen, sonst wird der Zusammenhang durch die große Gruppe der Nicht-Exponierten abgeschwächt [2].

Insgesamt existieren drei Fehlerquellen bei der Erstellung einer JEM, die natürlich auch kombiniert auftreten können. Zum einen kann die Expositionsinformation der Berufe ungenau und/oder unvollständig erfasst sein. Zum anderen kann die Variation innerhalb eines definierten Jobs zu groß sein, das heißt es handelt sich nicht um eine homogene Expositionsgruppe innerhalb des jeweiligen Berufs. Die dritte Fehlerquelle kann in der Klassifikation der Berufe an sich oder auch in der Dauer der Beschäftigung in einem Beruf liegen. Darüber hinaus spielt möglicherweise auch unkontrolliertes Confounding durch andere Expositionen beziehungsweise Einflussfaktoren, die nicht in der JEM erfasst wurden, eine Rolle [3].

All dies spricht dafür, dass die Validität einer JEM beurteilt werden sollte. Denn die JEM ist ein wesentlicher Bestandteil der Risikoschätzung und kann diese stark beeinflussen. Die Überprüfung einer JEM kann am besten durch Sensitivitätsanalysen erfolgen. Methoden die Performance einer JEM zu testen, werden in der Literatur entsprechend beschrieben [3,4,5,6].

Fazit

Besonders geeignet sind JEMs in Studien zu beruflichen Risiken [2]. Generische JEMs haben auch ökonomische Vorteile, da sie mehrfach verwendet werden können. Eine differentielle Missklassifikation ist meistens gering, da der Bias sich meistens nur auf die Arbeitsgeschichten auswirkt und nicht direkt auf die Expositi-

onsbeurteilung, falls diese unabhängig vom Subjekt durchgeführt wurde [4]. Ein Nachteil von JEMs ist, dass die Exposition nur auf Gruppenbasis abgeschätzt wird. Dennoch haben sich JEMs zu einem Standard-Tool entwickelt, um die Exposition von Teilnehmern in epidemiologischen Studien zu erfassen, falls keine direkten Expositionsmessungen vorliegen. Sie sind besonders gut geeignet (weil ökonomisch) in großen epidemiologischen Studien und eignen sich gut für die statistische Modellierung. Allerdings sollte die Validität von JEMs zum Beispiel mittels Sensitivitätsanalysen beurteilt werden.

Der Autor:
Dr. Dirk Taeger
IPA

Dieser Text ist eine gekürzte Version des Artikels von Taeger D. Grundlagen einer Job-Expositions-Matrix. Erstellung und Anwendung. Zentralbl Arbeitsmed Arbeitsschutz Ergon 2017; 67:143-150. Der überarbeitete Nachdruck erfolgt mit freundlicher Genehmigung der Springer Medizin Verlag GmbH.

Literatur

1. Coughlin SS, Chiaze L, JR. Job-exposure matrices in epidemiologic research and medical surveillance. *Occup Med* 1990; 5: 633–646
2. Teschke K, Olshan AF, Daniels JL, Roos AJ de, Parks CG, Schulz M, Vaughan TL. Occupational exposure assessment in case-control studies: opportunities for improvement. *Occup Environ Med* 2002; 59: 575-93; discussion 594
3. Greenland S, Fischer HJ, Kheifets L. Methods to Explore Uncertainty and Bias Introduced by Job Exposure Matrices. *Risk Anal* 2016; 36: 74–82
4. Bouyer J, Hemon D. Retrospective evaluation of occupational exposures in population-based case-control studies: general overview with special attention to job exposure matrices. *Int J Epidemiol* 1993; 22 Suppl 2: S57-64.5
5. Kauppinen TP, Mutanen PO, Seitsamo JT. Magnitude of misclassification bias when using a job-exposure matrix. *Scand J Work Environ Health* 1992; 18: 105–112
6. Morfeld P, Taeger D, Mitura H., Bosch A, Nordone A, Vormberg R, McCunney R. Merget R. Cross-sectional study on respiratory morbidity in workers after exposure to synthetic amorphous silica at five German production plants: exposure assessment and exposure estimates. *J Occup Environ Med* 2014; 56: 72–78