

Mineralstoff-Analysen (MA) aus Haaren in Wissenschaft, Prävention und Schulmedizin

Autoren: Dr. Josef Rauscher, Dr. Stefan Neumann
Stand: 2017-01-31

1 Einleitung

Seit gut 100 Jahren arbeiten Wissenschaftler daran, den Gehalt von Spurenelementen und Schwermetallen im menschlichen Haar zu bestimmen und aus den ermittelten Konzentrationen Rückschlüsse auf die Versorgung mit Spurenelementen und Mineralstoffen bzw. die Belastung mit toxischen Metallen (insbesondere Schwermetalle wie z.B. Quecksilber, Blei, Cadmium, aber auch Aluminium) zu ziehen [Krause et al. 1987]. Das menschliche Haar ist dabei ein leicht zugängliches Untersuchungsmaterial, es wächst gleichmäßig (ca. 1 cm/Monat) und einmal in das Haar aufgenommene Elemente sind dort weitgehend dauerhaft gespeichert.

Einige wissenschaftliche Arbeitsgruppen gestehen dem Verfahren großes Potential zu, sehen darin sogar im Vergleich zu Serum-Analysen die bessere Methode [Z. Vaghri et al. 2008]. Trotzdem ist die MA –zu Unrecht- schulmedizinisch nur wenig anerkannt. Woran liegt das? Und warum lassen sich in der (heilberuflichen) Praxis mit diesem Verfahren doch verblüffende Erfolge erzielen? Dieser Beitrag soll helfen, die Möglichkeiten und Grenzen des Verfahrens beurteilen zu können.

Am Beginn der Untersuchung von Haaren auf Metalle standen forensische Fragestellungen. Hier hat man sich den vorteilhaften Umstand zu Nutze gemacht, dass Haare als „Langzeitgedächtnis“ für hochgiftige Elemente wie Arsen und Thallium wirken können. Wochen und Monate nach Aufnahme in den Körper ist Arsen im Blut nicht mehr nachweisbar, während im Haar noch immer beträchtliche Mengen zu finden sein können. Berücksichtigt man, dass das menschliche Haar im Schnitt pro Monat einen Zentimeter wächst, kann man (wenn man die Haare in kleine Bereiche unterteilt) auch ziemlich genau den Zeitpunkt der Aufnahme in den Körper bestimmen. Für so manchen Giftmischer war das der Stolperstein.

2 Die menschlichen Haare als Sensoren des Stoffwechsels

Der menschliche Organismus ist ein faszinierendes Gebilde. Damit er gut funktioniert, müssen viele Rädchen reibungslos ineinandergreifen. Spurenelemente, Vitamine, Enzyme, Aminosäuren und andere Nährstoffe leisten unentbehrliche Arbeit, tag ein, tag aus, das ganze Leben lang. Um auf eine ausreichende Versorgung zu prüfen, wird üblicherweise eine Blut- oder Serumanalyse empfohlen. Doch hier gibt es ein Problem: Hektik, Stress, Sport, körperliche Arbeit und natürlich auch die aktuelle Nahrungsaufnahme sorgen für teils beträchtliche, aber kurzzeitige Schwankungen. Die Blutuntersuchung liefert von all dem leider immer nur eine Momentaufnahme. Schon einen Tag früher oder später können die Ergebnisse ganz anders aussehen.

In den Haaren werden die Stoffe, die für unseren Körper wichtig sind, jedoch über längere Zeit gespeichert. Über die Haarwurzel sind Haare in den Stoffwechsel des Körpers eingebettet und können viel über den körperlichen Zustand des Menschen berichten. Bei der Neubildung von Haarzellen werden kontinuierlich Fremdstoffen (z. B. Mineralstoffe, Schwermetalle, Spurenelemente, auch Drogen und einige Medikamente und deren Metabolite) in die Haare eingelagert [Kempson et al. 2011]. Die Aufnahme der später nachweisbaren Mineralstoffe und Spurenelemente kann sowohl über die dermale Papille während der Neubildung der Haarzellen als auch durch einen transzellulären Transport durch die Zellen der Wurzelscheide erfolgen.

Eine Haarprobe repräsentiert immer den Zeitraum, der durch die Haarlänge und Wachstumsgeschwindigkeit definiert ist. Da Kopfhare pro Tag ungefähr 0,4 Millimeter wachsen, spiegeln sie die Geschehnisse im Körper eines Menschen zeitlich genau wider. Eine gute Abschätzung mit 1 cm / Monat ist für viele Zwecke ausreichend genau. Damit bekommt man durch eine Haaranalyse einen wesentlich besseren "Pegelstand" als über das Blut. Mineralstoffe, Spurenelemente und Schwermetalle werden in unveränderter Form gespeichert. Der jeweilige Status wird so konserviert. Eine Analyse der Mineralstoffe und Spurenelemente in den Haaren spiegelt also den wichtigen Mittelwert der Spurenelement- und Mineralstoff-Konzentrationen (die tagesabhängigen Schwankungen sind dann nämlich „herausgemittelt“) wider.

2.1 Haare reagieren auf den Versorgungsstatus

Grundvoraussetzung für die Eignung der menschlichen Haare als Indikator für den Versorgungsstatus sind ausreichende, mit den analytischen Verfahren erkennbare Konzentrationsänderungen der Zielelemente in den Haaren. Folgende Beispiele (eines aus den Anfängen der MA, eines aus dem Jahr 2016) zeigen, wie sich der Magnesium-Gehalt in den Haaren in Abhängigkeit von der Magnesiumzufuhr (Ernährungsverhalten, Substitution) ändert.

Bereits früh haben Aurand und Neumayer demonstriert, wie sich eine gesteigerte Magnesiumzufuhr auf die Magnesiumkonzentration in den Haaren auswirkt und die Haare sehr prägnant auf die Zufuhränderungen reagieren. In der Abbildung erkennt man zunächst eine bestimmte Mg-Menge in den Haaren, die nach Beginn der Mg-reichen Diät ansteigt und sich dann auf einem hohen Niveau hält, solange die Mg-Diät anhält [Aurand in Krause et al. 1987].

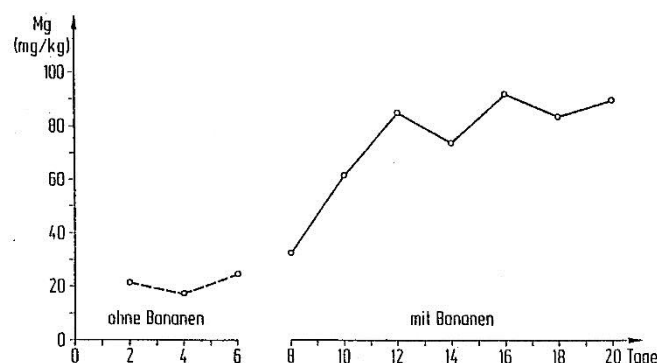


Abb. 1: Mg-Gehalt im Barthaar (2-Tagesmischprobe) eines Probanden vor und nach mehrwöchiger täglicher Aufnahme von 1 kg Bananen (entspricht etwa 300 – 500 mg Mg)

Im zweiten Beispiel aus dem laufenden Laborbetrieb des Autors hat ein männlicher Proband (43 J.) nach einer MA-Analyse Zink gemäß den Empfehlungen (5-10 mg/Tag),

zudem Magnesium (900 mg Magnesium als Magnesiumcitrat, plus Magnesium Phosphoricum) eingenommen. Ein moderater Anstieg des Zinkwertes und ein überaus deutlicher Anstieg des Magnesiumwertes in der Folgeanalyse, die nach 7 Monaten durchgeführt wurde, sind zu beobachten. Die Ergebnisse für die anderen Elemente bleiben in beiden Analysen nahezu unverändert.

Name:	B R			Datum:	08.06.2015
Geschlecht:	Männlich			Analysennr.:	25159
Alter:	43				
Überreicht durch:	Landshut				

Mineralstoffe / Spurenelemente	Normalbereich	Ergebnis		tief	normal	hoch
Calcium	220 - 1600	1080,0				
Magnesium	20 - 130	61,4				
Phosphor	134 - 240	214,6				
Zink	142 - 248	139,0	niedrig			
Chrom	0,011 - 0,6	0,057				
Mangan	0,07 - 1	0,085	!			
Molybdän	0,02 - 1	0,060				
Kupfer	5,48 - 40	14,1				
Eisen	5,46 - 13,7	6,23				
Selen	0,2 - 5,46	0,859				

Abb. 2: MA-Ergebnis vor der Substitution mit Mg und Zn

Name:	B R			Datum:	16.02.2016
Geschlecht:	Männlich			Analysennr.:	27454
Alter:	44				
Überreicht durch:	Landshut				

Mineralstoffe / Spurenelemente	Normalbereich	Ergebnis		tief	normal	hoch
Calcium	220 - 1600	1092				
Magnesium	20 - 130	151,7	hoch			
Phosphor	134 - 240	190,6				
Zink	142 - 248	148,0	!			
Chrom	0,011 - 0,6	0,055				
Mangan	0,07 - 1	0,085				
Molybdän	0,02 - 1	0,077				
Kupfer	5,48 - 40	20,3				
Eisen	5,46 - 13,7	7,04				
Selen	0,2 - 5,46	0,650				

Abb. 3: Das MA-Ergebnis des gleichen Probanden nach einer mehrmonatigen Substitution mit Mg und Zn (TORRE Umweltanalytik, 2015/2016)

Diese Beispiele decken sich mit unseren langjährigen Erfahrungen. Sie erlauben die Annahme, dass die Haare durchaus den Versorgungsstatus widerspiegeln – unter der Voraussetzung einer gewissen analytischen Professionalität. In der Tat gilt es während aller Arbeitsschritte auf höchste Sorgfalt zu achten.

2.2 Eine Haaranalyse: Teamwork von Apotheker und Chemiker

Um aussagekräftige Ergebnisse zu ermöglichen und daraus die richtigen Schlüsse ziehen zu können, müssen alle Arbeitsschritte, von der Erstberatung der Patienten über Probennahme und Laborarbeit bis hin zur Befundbesprechung nach bewährten Regeln und standardisierten Arbeitsvorschriften durchgeführt werden.

Ob eine Haaranalyse durchgeführt werden soll, ist abhängig von der Fragestellung der Patienten (Therapiebegleitung, Prävention, Belastung am Arbeitsplatz, Umweltinformationen). Ggf. ist abzuwägen, ob eine andere Analyse nützlichere Informationen geben kann.

Kopfhaare werden mit einer Keramikscherer nächst der Kopfhaut am Hinterkopf abgeschnitten. Die maximale Haarlänge für die Analyse sollten 3 cm sein, Überstand ist abzuschneiden und zu verwerfen. 200 mg reichen für eine gute Analyse aus. Gefärbte Haare sollten nicht verwendet werden. In solchen Fällen sind aber Schamhaare oder Fingernägel eine gute Alternative. Auf einem Anamnesebogen werden alle relevanten Informationen über die Probanden und das Untersuchungsmaterial vermerkt. Dieser Anamnesebogen muss auch die Probenahmervorschrift enthalten.

Im Labor werden die Haare auf Eignung geprüft und anschließend mit einer Detergenzienlösung und destilliertem Wasser gereinigt, getrocknet und eine genau abgewogene Menge mittels Kochen bei 90°C (ca. 2 h) in einigen Millilitern Salpetersäure p. a. aufgeschlossen. Aus der erhaltenen klaren Lösung wird durch Verdünnen mit reinstem Wasser und Zugabe eines internen Standards die Messlösung hergestellt. Die Messung erfolgt in der Regel mit der ICP/OES –Technik. Die Messlösung wird zerstäubt und in ein Argonplasma (ca. 6000 °C) geblasen. Dabei werden die Elemente von der Matrix abgetrennt und zum Leuchten angeregt. Das so abgegebene Licht ist elementspezifisch und die an einem Detektor aufgefangene Lichtintensität („Lichtmenge“) ist proportional dem Elementgehalt in der Messlösung. Die Reproduzierbarkeit und Genauigkeit wird im professionell arbeitenden Labor kontinuierlich mittels Haarkontrollproben und Wiederholmessungen überprüft und gewährleistet.

Routinemäßig werden knapp 30 Elemente untersucht, einschließlich aller wichtigen Mineralstoffe (Calcium, Magnesium, Phosphor, Natrium, Kalium), Spurenelemente (Selen, Zink, Eisen, Chrom, Kupfer, Mangan, Cobalt, Molybdän) und der weitverbreiteten Schwermetalle (Blei, Cadmium, Quecksilber, Arsen, Nickel, Aluminium). Bei Bedarf können weitere Elemente wie Thallium, Antimon oder Palladium dazukommen.

Die Befunde (die auch einem Patienten an die Hand gegeben werden können) gliedern sich in eine kurze Einleitung, Ergebnisgrafik, Anmerkungen zu den auffälligen Elementen und deren Bezug auf angeführte Beschwerden bzw. Erkrankungen des Patienten und die Empfehlungen (SB-Haushalt, Substitution, Ausleitung, weiterführende Diagnostik). Auch Wissenswertes zu den untersuchten Elementen findet sich zur Erläuterung.

Die Normalbereiche der untersuchten Mineralstoffe und Spurenelemente und ihre Unter- und Obergrenzen sind nicht medizinisch begründet, sondern statistisch (90-Perzentile). Es ergeben sich somit 3 Kategorien: niedrig, normal, hoch. Die toxischen Elemente werden in die Kategorien normal (90-Perzentil) und hoch eingestuft. Das zugrunde liegende Probandenkollektiv ist ausreichend repräsentativ für die Allgemeinbevölkerung. Nicht unerwähnt bleiben soll, dass diese statistische Ermittlung von Referenzwerten eine gängige Praxis in der Labormedizin ist.

Name:	Mustermann, Lisa	Datum:	18.09.2014
Geschlecht:	w	Analysennr.	2
Alter:	43		
Überreicht durch:	Muster-Apotheke		

Mineralstoffe / Spurenelemente	Normalbereich	Ergebnis		tief	normal	hoch
Calcium	220 - 1600	1240				
Magnesium	20 - 130	60,0				
Phosphor	134 - 240	179,2				
Zink	142 - 248	134,0	niedrig			
Chrom	0,011 - 0,6	0,025				
Mangan	0,07 - 1	0,093				
Molybdän	0,02 - 1	0,110				
Kupfer	5,48 - 40	87,0	hoch			
Eisen	5,46 - 13,7	5,24	niedrig			
Selen	0,2 - 5,46	0,240	!			
Natrium	10 - 130	15,5				
Kalium	5 - 40	10,6				
Silicium	3,9 - 16,4	14,0				
Cobalt	0,01 - 0,45	0,070				
Strontium	0,29 - 5,41	1,60				
Barium	0,001 - 4,43	0,280				
Vanadium	0,01 - 0,55	0,055				
Bor	0,008 - 6,5	0,200				
Germanium	0,02 - 0,424	0,112				
Lithium	0,004 - 0,5	0,036				

Toxische Elemente	Normalbereich	Ergebnis		normal	hoch	sehr hoch
Cadmium	0 - 0,75	0,228				
Blei	0 - 5	4,90	!			
Aluminium	0 - 17	6,00				
Quecksilber	0 - 1,3	0,935	!			
Arsen	0 - 1,1	0,330				
Beryllium	0 - 0,01	<0,01				
Gold	0 - 0,01	<0,01				
Nickel	0 - 1,1	1,00	!			

* Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchte Probe *

Untersuchungsmaterial: Haare
 Einheit der angegebenen Werte: ppm (parts per million)
 Referenzwerte: © TORRE GmbH
 Laborleiter: Dipl.-Chem. Dr. rer. nat. Josef Rauscher

Abb. 4: Musterergebnis einer Mineralstoffanalyse

2.3 Analytischer Teil – Von der Haarprobe zu aussagekräftigen Ergebnissen

Noch fehlt der MA die Anerkennung der meisten Schulmediziner. Diese verweisen dabei auf methodenabhängige Ergebnisse, fehlende Ringversuche und Referenzmaterialien und unterschiedliche Normbereiche von Labor zu Labor. Aber machen diese Dinge eine gute, reproduzierbare Analytik wirklich unmöglich? Nein! Es lässt sich plausibel zeigen, dass unter der Voraussetzung einer sorgfältigen und geeigneten Probenahme sowie einer

kontaminationsfreien Präanalytik zuverlässige und ausreichend reproduzierbare Ergebnisse in Haaren durchaus möglich sind [Rauscher 2003].

Vermeintliche mangelnde Reproduzierbarkeit bzw. fehlende Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen verschiedenen getesteten (kommerziellen) MA-Laboratorien beruhen bei genauer Prüfung meist auf methodisch untauglichen Studien. So hat Stephen Barrett nach eigenen Angaben schulterlange Haare mit bis zu 15 cm Länge für seine „Ringversuche“ verwendet. Derart langes Haar ist für die Mineralstoffanalytik ungeeignet [Barrett 1985]. Lässt man die Werte von Ausreißer-Laboratorien außer Acht, finden sich in der statistischen Betrachtung selbst bei Untersuchungen durch kritische Autoren akzeptable Standardabweichungen (SDs) von 1 bis 9 und Variationskoeffizienten < 10 . [Seidel et al. 2001]. Obwohl auch hier die Durchführung der Probenahme fachgerechter hätte sein müssen, sind die Ergebnisse als ausreichend reproduzierbar zu bezeichnen.

Referenzmaterialien (pulverisierte Haarproben) sind mittlerweile kommerziell erhältlich und können arbeitstäglich zur Qualitätssicherung analysiert werden.

Schaller et al betrachten es als Aufgabe des einzelnen Labors unter Berücksichtigung der von ihm gewählten Entnahme- und sonstigen Randbedingungen Normbereiche zu erstellen [Schaller et al 1991].

Ebel hat nach umfangreichen eigenen wissenschaftlichen Analysenserien für die Schwermetalle Al, Cr, Mn, Cu, Ni, Co, Zn, Ag, Cd, Ba, Pb, Bi, Sn, Be und Selen gut mit anderen publizierten bzw. angewendeten Werten vergleichbare Normbereiche erhalten [Ebel 2012].

2.4 Sonderfall Quecksilber

Quecksilber, insbesondere die organischen Verbindungen, waren in den ersten Jahren ein Schwerpunkt der Haaranalysen. Drasch hat aus dem Grenzwert der amerikanischen Umweltbehörde US EPA für die Belastung mit Methylquecksilber im Haar einen NOAEL (No observed Adverse Effect Level) von 1,1 $\mu\text{g/g}$, für die Belastung mit Quecksilberdampf (aus Amalgam) einen „Grenzwert“ von 1 $\mu\text{g/g}$ postuliert, wobei hier der NOAEL wesentlich niedriger zu vermuten ist und im Bereich der Hintergrundbelastung liegen dürfte [Drasch 2007].

3 Sorgfalt bei der Interpretation der Messergebnisse

Jede chemische Analyse lässt sich in zwei Teile gliedern. Zum einen die Analytische Arbeit selbst (von der Probenahme, der Arbeiten im Analysenlabor und den Messinstrumenten bis hin zur Ergebnisberechnung) und zum anderen die seriöse Bewertung der erhaltenen Ergebnisse (Befunderstellung). Beide Teile können gut gemacht werden, wenn wichtige, unverzichtbare Voraussetzungen erfüllt sind: alle Randbedingungen müssen bekannt und dokumentiert sein, die Probenahmenvorschrift ist exakt einzuhalten. Nur unbehandelte, unmittelbar an der Kopfhaut abgeschnittene Haare können zu den Analysen herangezogen werden.

Zweifelsfrei können erhöhte Metallkonzentrationen in Haaren eine erhöhte Exposition anzeigen [Wilhelm et al. 1996]. Für das bereits erwähnte Methylquecksilber wird bei hoch belasteten Personen sogar eine enge Korrelation zwischen den Gehalten im Blut und Haaren gefunden [Schweinsberg et al. 1994]. Zumindest für Blei wurden von mehreren Arbeitsgruppen Assoziationen zwischen Gehalten im Blut und Kopfharen ermittelt [Wilhelm et al. 2002; Becker et al. 1997].

3.1 Intoxikation versus Exposition

Die bisweilen fehlende Korrelation zwischen Elementgehalten in Haaren und denen in den Zielorganen oder im Blut erfordert aber eine vorsichtige Bewertung der Ergebnisse und weiterer Forschung. Die Schwermetallanalytik aus Haaren erlaubt eher keine pauschalen Verdachtsdiagnosen wie „akute Schwermetallintoxikation“. Individualaussagen, in der Schulmedizin erwünscht, sind mit der MA daher nur bedingt möglich, obwohl Ergebnisse und Normbereiche statistisch abgesichert sind. Vielmehr sind mit der Mineralstoffanalyse aber individuelle Schwermetall-Expositionen feststellbar, verbunden mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für entsprechenden Erkrankungen und Beschwerden des Probanden.

Bei Rückschlüssen auf Krankheitsursachen oder der Erstellung von Therapieempfehlungen ist also ein gewisses Maß an Zurückhaltung geboten. Den Therapeuten muss immer bewusst bleiben, dass es sich bei den Normbereichen um statistische Größen handelt (90-Perzentile), die nicht toxikologisch definiert sind.

4 Etablierte Anwendungen der MA in Schulmedizin und Forschung

4.1 Spurenelemente

Im Hinblick auf das Schlüsselement Magnesium hat Behrmann die weitgehend übereinstimmenden Publikationen zusammengefasst. Demnach kann ein niedriger Magnesium-Haarspiegel ein Indiz für einen Mangel des Körpers darstellen. [Behrmann 1999].

Demnach stellen auch „sehr niedrige Zink-Haarspiegel (unter 80 ppm) generell einen Hinweis auf einen Zink-Mangel des Organismus‘ dar“. Schon früh folgerten andere Autoren aus ihren Arbeiten, dass Haarzinkwerte erste Hinweise auf einen Zinkmangel geben können. Auch ein Anstieg der Haarwerte nach Zink-Substitution oder einer Ernährungsumstellung auf Zink-reichere Kost wurde beschrieben [Behrmann 1999].

Kanadische Mediziner an der University of British Columbia (Vancouver) haben umfangreiche Studien an Vorschulkindern durchgeführt und kommen zum selben Fazit: „Serum zinc, the most common biomarker of zinc status, lacks sensitivity and specificity to diagnose marginal zinc deficiency (MZD). Hair zinc, however, is sensitive and specific enough to detect MZD in children.“ [Vaghri et al.2008].

Zum Selen liegen verschiedene Publikationen aus den Jahren bis 2003 vor, mit teils widersprüchlichen Ergebnissen. Ein Zusammenhang zwischen Selenaufnahme und dem Selen in Haaren besteht. Ob der Selenstatus zweifelsfrei aus der MA hervorgehen kann muss noch intensiver erforscht werden. [Stellungnahme der Kommission „Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes 2006]

4.2 Schwermetalle

Es ist wissenschaftlich und schulmedizinisch unstrittig, dass Schwermetalle, wie andere Schadstoffe auch, Gesundheit und Wohlergehen beeinträchtigen. Selbst bei geringen chronischen Expositionen können sich Schwermetalle wie Blei, Cadmium, Quecksilber und Arsen im Körper anreichern und zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen. Dies selbst dann, wenn es im Einzelfall nur schwer gelingen dürfte, den kausalen Zusammenhang zwischen hohen Schwermetallmengen im Organismus und dem ärztlich diagnostizierten Erkrankungen zu belegen. Aber nach J. Mutter [Mutter et al. 2005] kann beispielsweise Blei gesundheitliche Schäden bereits weit unterhalb der anerkannten Grenzwerte für Blut

auslösen. Nach aktuellem Wissenstand muss Ähnliches für Quecksilber und andere Schwermetalle vermutet werden.

Schwermetalle sind schier „allgegenwärtig“. Viele tierische (Innereien) und pflanzliche Lebensmittel beinhalten signifikante Mengen Schwermetalle. Beispielsweise enthalten Fische, Meeresfrüchte und Innereien oft größere Mengen Quecksilber, Arsen, Blei oder Nickel. Auch Trinkwasser, unser Lebensmittel Nr. 1, kann (neben anderen Schadstoffen) giftige Schwermetalle enthalten. Saure oder erhitzte Speisen können Aluminium aus Aluminium-Geschirr oder -Folien lösen und bringen es in den Körper. In vielen Lacken, Pigmenten und Farben finden sich Schwermetalle, leider trotz entsprechender Vorgaben auch immer wieder in Spielzeug. Zigarettenrauch enthält oft Cadmium, Blei und Nickel.

Eine Haaranalyse kann viele wertvolle Hinweise über arbeitsplatz-, umwelt- oder verhaltensbedingte Schwermetallexpositionen liefern [Wilhelm et al. 1996; Bencko 1995; Foo et al 1993].

Selbst wenn mittels einer Haaranalyse nicht immer zwischen endogener und exogener Belastung unterschieden werden kann und aufgrund toxikologischer und kinetischer Faktoren die Haarkonzentrationen und die Organkonzentrationen nicht signifikant korrelieren, bieten sich Haare für das Aufspüren von Expositionen (Belastungen) mit toxischen Elementen als ausgezeichnete Frühindikatoren an.

Häufig haben die fehlenden Korrelationen ihre einfache Ursache in der Kinetik der Schadstoffe. Viele giftige und bedrohliche Stoffe werden vom Körper rasch aus dem Blutkreislauf entfernt, neben der Ausscheidung z. B. auch durch irreversiblen Einbau in bestimmte Organe und Kompartimente (z. B. Cadmium in den Nieren, Blei in Knochen, Quecksilber in Fettgewebe).

5 Haaranalysen von berühmten Persönlichkeiten der Geschichte

In der heutigen, industrialisierten, „chemischen“ Umwelt nehmen wir nahezu ununterbrochen winzige Mengen an Schadstoffen auf, z. B. Nitrate, Holzschutzmittel, Formaldehyd, Amalgam oder Konservierungsstoffe. Schwermetallbelastungen sind aber kein Phänomen der Neuzeit. Ein kurzer Blick in die Geschichte zeigt, dass Menschen auch in früheren Zeiten teils beträchtlichen Mengen an Metallen ausgesetzt waren. Mittels Haaranalysen konnte viel über das Leben des „Ötzi“ in Erfahrung gebracht werden. Wie sich die Lebensumstände auf die Gesundheit von Ludwig van Beethoven oder Napoleon ausgewirkt haben brachten ebenfalls Haaranalysen ans Tageslicht.

Bei van Beethoven (1770 – 1827) werden die hohen Bleimengen in seine Haaren mit der regelmäßigen Verabreichung bleihaltiger Antibiotika und einer gewissen Neigung zu (damals bleihaltigem) Wein erklärt. Napoleon (1769 – 1821) scheint viel Arsen in den Organismus aufgenommen zu haben. Das giftige Metall kann auch heute noch in seinen Haaren nachgewiesen werden. Auch die Vermutung, dass sich der Gletschermann Ötzi vor 5000 Jahren primär vegetarisch ernährt hat, basiert hauptsächlich auf Ergebnissen von Haaranalysen [Macko et al. 1999].

6 Die MA im Human-Biomonitoring

Für das umweltmedizinische Human-Biomonitoring sind leicht zugängliche Probenmaterialien, die eine durchschnittliche Exposition über einen längeren Zeitraum reflektieren, von besonderer Bedeutung. Deshalb werden zur Überwachung der inneren (!)

Belastung gegenüber Metallen bevorzugt Kopfhare eingesetzt, und zwar sowohl bei epidemiologischen Studien als auch in Fallstudien. [Stellungnahme der Kommission „Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes 2006]

Die Analyse einzelner Haarsegmente erlaubt Rückschlüsse auf den zeitlichen Verlauf von Expositionen.

7 Aktuelle Beispiele zum Einsatz der Mineralstoffanalyse

7.1 Die MA in der Ganzheitlichen Medizin

An Epilepsie leiden hierzulande 0,5 – 1% der Bevölkerung. Eine schulmedizinische Beobachtung und Begleitung sind dabei unerlässlich. Als Auslöser gelten (u.a.) pathologische Potentiale im Nervensystem. Dr. Thomas Rau (Chefarzt der Paracelsus-Klinik Lustmühle) hat seine Sicht auf möglichen Ursachen dieser Potentiale zusammengefasst [Rau 2001]. Es geht dabei u.a. um Spurenelemente, chronische Herde, Schwermetalle und andere toxische Verbindungen. Hierzu passt gut das Ergebnis einer Mineralstoff-Analyse eines epileptischen Kindes (4 Jahre) aus unserem eigenen Labor, die eine

Name: J R

Geschlecht: m

Alter: 4

überreicht durch:

Analysedatum: 13.06.2016

Analysennummer:

Mineralstoffe / Spurenelemente	Normalbereich	Ergebnis	Bewertung	tief	normal	hoch
Calcium	75 - 912	159,4				
Magnesium	5,7 - 60	9,30				
Phosphor	165 - 260	184,0				
Zink	70,7 - 247	77,6	!			
Chrom	0,02 - 0,33	0,103				
Mangan	0,067 - 0,44	0,492	hoch			
Molybdän	0,024 - 0,5	0,170				
Kupfer	6,6 - 50	18,1				
Eisen	7,4 - 16	15,5				
Selen	0,13 - 2,86	0,650				

Natrium	1,1 - 14,9	12,4				
Kalium	1,5 - 6,2	6,00				
Silicium	8,5 - 36,9	15,9				
Cobalt	0,01 - 0,25	0,130				
Strontium	0,05 - 2,74	0,189				
Barium	0,001 - 1,87	0,172				
Vanadium	0,001 - 0,1	0,049				
Bor	0,005 - 3,5	1,61				
Germanium	0,02 - 0,43	0,137				
Lithium	0,001 - 0,2	0,080				

Toxische Elemente	Normalbereich	Ergebnis		normal	hoch	sehr hoch
Cadmium	0 - 0,12	0,094	!			
Blei	0 - 3	3,31	hoch			
Aluminium	0 - 35	6,00				
Quecksilber	0 - 0,5	< 0,30				
Arsen	0 - 0,79	< 0,30				
Beryllium	0 - 0,01	< 0,01				
Gold	0 - 0,01	< 0,01				
Nickel	0 - 0,8	0,533	!			

* Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchte Probe *

Untersuchungsmaterial: Haare

Einheit der angegebenen Werte: ppm (parts per million)

beträchtliche Schwermetallbelastung anzeigt (○ Abb. 5: Mineralstoffanalyse eines an Epilepsie erkrankten Kindes).

7.2 Die MA in der Prävention

Gerade für die Prävention ergibt sich das Paradoxon, dass sich der vermeintliche Nachteil der Haaranalyse, die „Kontamination“ der Haare durch exogenen Eintrag von Elementen, ins Gegenteil verkehrt und zum nützlichen Vorteil wird. Insbesondere bei Aufspüren von Belastungen des Trinkwassers (mit dem sich ja viele Menschen die Haare waschen)

profitieren die Probanden von diesem Effekt. Oft veranlassen erst die Ergebnisse von Haaranalysen (z. B. eine Bleibelastung) eine Überprüfung des Trinkwassers (z. B. auf Blei). Ähnlich verhält es sich bei Testpersonen mit beruflichem Umgang mit Schwermetallen, z.B. Lackierern. Hohe Cadmiummengen im Haar ermöglichen die Sensibilisierung dieser Personen, weil immer auch eine Aufnahme über Mund und Nase in den Körper gegeben ist. Aufrütteln sollte auch der Nachweis hoher Antimon-Konzentrationen in den Haaren von Feuerwehrleuten. Die krebserregenden Antimon-Spezies werden aus deren Schutzanzügen freigesetzt. Auch hier legt der nachgewiesene Eintrag in die Haare auch eine gewisse Aufnahme über Mund und Nase in den Körper nahe, selbst wenn die Antimonkonzentrationen im Urin unauffällig blieben [Fabian et al. 2016]. Hier sollte die Frühindikatorfunktion der Haare erkannt und genutzt werden.

8 Haaranalysen auf Drogen

In vielen Publikationen wird die Bestimmung von Drogen, Arznei- und Suchtstoffen in Kopf- oder anderen Haaren als anerkanntes Verfahren vorgestellt [Stellungnahme der Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes 2006]. Die Bestimmung von Substanzen wie Kokain, Cannabisinhaltsstoffen oder Heroin galt lange als zuverlässig. In vielen Publikationen wurde dieses Statement unkritisch übernommen. Aber neuere Arbeiten legen zumindest die Vermutung nahe, dass z. B. Nachweis von Cannabinoiden auch bei Nichtkonsumenten positiv ausfallen kann [Moosmann et al. 2015].

9 Fazit und Ausblick

Haaranalysen gewinnen in der Medizin und Prävention zunehmend an Bedeutung. Für und Wider jeweils abgewogen, ergeben sich mit der MA viele spannende Möglichkeiten bei der Ermittlung von Vorgängen rund um die Mineralstoff- und Spurenelementkonzentrationen beim Menschen. Dient die Blutanalytik eher der quantitativen Erfassung der Intoxikation mit Schwermetallen, so liegt die Stärke der Mineralstoffanalyse in der Erfassung möglicher Expositionen der schädlichen Elemente.

Die Haaranalyse bewährt sich immer dann, wenn alle Arbeitsschritte, von der Probennahme bis zu den Empfehlungen, in ausgebildeten und erfahrenen analytischen und heilberuflichen Händen liegen. Dennoch darf man mit den Ergebnissen von Haaranalysen nicht blind und leichtfertig durch die Mineralienlandschaft spazieren. An einigen Stellen ist Zurückhaltung geboten und es sind weitere Anstrengungen in der Erforschung der Zusammenhänge notwendig. Gegenwärtig liefern nur einige wenige Labore und Netzwerke von Apothekern und anderen Heilberuflern die Analysen-Qualität, die notwendig ist, um die schulmedizinische Anerkennung weiter zu steigern.

Im Januar 2017

Dr. rer. nat. Josef Rauscher, Dr. rer. nat. Stefan Neumann
Labor Umwelt- und Präventionsanalytik der TORRE GmbH
Neunhofer Hauptstraße 78
D-90427 Nürnberg

10 Weiterführende Literatur

11 Zitierte Literatur

(Literatur entspricht dem TORRE-Zitierstil)

- K. Aurand und V. Neumayr, Ernährungsbedingte Veränderungen im Haarspurenelementgehalt, in: C. Krause und M. Chutsch (Hrsg.), Haaranalyse in Medizin und Umwelt, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/New York, 1987.
- S. Barrett, Commercial Hair Analysis – Science or Scam, JAMA 254 (1985) 1041-1045
- I. Behrmann, Aussagewert von Haaranalysen zur Mengen- und Spurenelementversorgung beim Sportler, Inaugural-Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, 1999
- V. Bencko, Use of human hair as a biomarker in the assessment of exposure to pollutants in occupational and environmental settings. Toxicology (1995) 101, 29-39
- G. Drasch, Grenzwerte für die Quecksilberkonzentration im Haar, TORRE-Symposium, Zirndorf 2007
- A. Ebel, Humane Schwermetallanalytik im Ultraspurenbereich, Praktischer Teil: Ermittlung der Normbereiche für menschliches Haar Abschlussarbeit Postgradualstudium Toxikologie, Universität Leipzig 2012
- D. Fabian, M.R. Baumgartner, Swiss Medical Forum (2016) 16(22), s. 466 – 471
- Foo SC et al: Metals in hair as biological indices for exposure. Int. Arch. Occup Environ health (1993) 65, 83-86
- I. M. Kempson, E. Lombi, Hair Analysis as a Biomonitor für Toxicology, Disease and Health, Chem. Soc. Rev. 40 (2011), 3915-3940
- C. Krause, M. Chutsch (Hrsg.), Haaranalyse in Medizin und Umwelt, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/New York, 1987.
- C. Krause, W. Babisch, K. Becker et al., Umwelt-Survey 19907“; WaBoLu-Hefte 1/96, Umweltbundesamt Berlin
- S.A. Macko et al. The ice man’s diet reflected by the stable nitrogen and carbogen isotopic composition of his hair, FASEB J., 13, 559 – 562, 1999
- B. Moosmann, N. Roth, Volker Auwärter, www.nature.com{scientificreports, 5:14906, DOI: 10.1038/srep14906 (2015)
- J. Mutter et al., Amalgam: Eine Risikobewertung unter Berücksichtigung der neuen Literatur bis 2005, Gesundheitswesen 2005; 67, 204-216
- T. Rau, Die Ursachen der Epilepsie aus ganzheitlicher Sicht, SANUM-Post 56/2001, S. 15-19
- J. Rauscher, Qualitätssicherung in der Haarmineralstoff- und Schwermetallanalyse, Z Umweltmed 11(3) (2003) 142-144
- J. Rauscher, Moderne und umfassende Qualitätssicherung in der Haarmineralstoffanalytik, in: M. Rückgauer (Hrsg.), Signalwirkung von Mineralstoffen und Spurenelementen, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart 2003
- Schaller et al.: Arbeitsmed. Sozialmed. Präventivmed 26 (1991) 225
- F. Schweinsberg, A. Kroiher, Quecksilberbelastung durch Fischkonsum bei Rheinfischern, Zbl. Hyg. 195 (1994), 529 – 543
- S. Seidel et al., Assessment of Commercial Laboratories performing Hair Minerals Analysis JAMA 285(1), 2001 Seite 67 ff
- Stellungnahme der Kommission „Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes: Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz (2005) 48, 246 – 250, Springer Medizin Verlag; und in: Umweltmed Forsch Prax 11(2) 114-120 (2006)

- Z. Vaghri et al., Age-Based Differences in Hair Zinc of Vancouver Preschoolers, *Biol Trace Elem Res* (2008) 126 (Suppl 1):S21–S30
- M. Wilhelm, H. Idel, *Int. J. Hyg. Environ Health* 198 (1996) 485-501
- M. Wilhelm und H. Idel, Review „Hair Analysis in Environmental Medicine“, *Zbl. Hyg.* 198 (1996) 485 – 501
- M. Wilhelm, A. Pesch, U. Rostek, Concentrations of lead in blood, hair and saliva of German children living in three different areas of traffic density, *Sci. Total Environ.* 297 (2002) 109-118;
- Z. Vaghri et al., Age-Based Differences in Hair Zinc of Vancouver Preschoolers, *Biol Trace Elem Res* (2008) 126 (Suppl 1):21–30

Die Autoren

Dr. rer. nat. Josef Rauscher

Kurzvita

Dr. Rauscher ist geboren am 22. Oktober 1961 in Seugast. Er arbeitet als Chemiker und Laborleiter für die TORRE GmbH in Nürnberg. Rauscher absolvierte das Studium der „Chemie, Diplom“ an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen/Nürnberg. Seine Promotion in Organischer Chemie mit Schwerpunkt Pheromon- und Kairomon-Analytik und dem Nebenfach Toxikologie schloss er im Jahre 1992 ab.

Rauscher war in verschiedenen Klinischen Labors und Laborarztpraxen tätig, bevor er sich ab 1999 der Mineralstoffanalytik zuwandte.

Seine Tätigkeitsschwerpunkte liegen in der anorganischen Schadstoffanalytik, insbesondere der Mineralstoff- und Trinkwasser-Analyse auf Schwermetalle im Spurenbereich.

Dr. rer. nat. Stefan Neumann

Kurzvita

Dr. Neumann ist geboren am 17. Januar 1968 in Nürnberg. Er arbeitet als Chemiker und Prokurist für die TORRE GmbH in Nürnberg. Neumann studierte „Chemie, Diplom“ an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen/Nürnberg.

Seine Promotion in Anorganischer Chemie mit Schwerpunkt Organometallchemie und dem Nebenfach Toxikologie schloss er im Jahre 1999 ab.

Bei TORRE ist Neumann unter anderem im Bereich Fortbildungen zur Schadstoffchemie, speziell in den Bereichen Innenraumschadstoffe, tätig.