



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches
Volkswirtschaftsdepartement EVD

Staatssekretariat für Wirtschaft SECO
Arbeitsbedingungen
Grundlagen Arbeit und Gesundheit

Eidgenössisches Departement
des Innern EDI

Bundesamt für Gesundheit BAG
Direktionsbereich
Verbraucherschutz

Magnetfeld-Expositionen durch professionelle Induktionskochherde

—

Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz

Messerhebung an Gastroarbeitsplätzen im Jahr 2009/2010

Autoren: René Guldemann¹ und Martin Meier²

¹ SECO, Ressort Grundlagen Arbeit und Gesundheit, Stauffacherstrasse 101, 8004 Zürich

² BAG, Fach- und Informationsstelle nichtionisierende Strahlung, Schwarzenburgstrasse 165, 3003 Bern



Die Autoren danken folgenden Personen für ihre fachliche Unterstützung und Beiträge:

Dr. Andreas Christ, Foundation for Research on Information Technologies in Society IT'IS, Zürich

Marc Fessler, Semesterarbeit am Departement UW-Wissenschaften, ETH Zürich (2009)

Franziska Fürholz, Bereich Physik, Suva Luzern

Sergio Giannini, Bereich Physik, Suva Luzern

Robert Hauri, Systron EMV GmbH, Dürnten

Hermann Jossen, Dipl. Ing. HTL, Jossen-PHYSIK, Fachexperte NIS, Luzern

Martin Kenner, Starkstrominspektor Electrosuisse, Fehraltdorf

Dr. Gerd Küchmeister, Forschungsgruppe Industrieanthropologie, Universität Kiel/DE

Dr. Evelyn Mohler, Fachstelle NIS, BAG Liebefeld BE

Frédéric Pythoud, Labor EMV, Bundesamt für Metrologie METAS Bern-Wabern

Prof. Dr. Martin Röösl, Swiss TPH Basel

Prof. Dr.-Ing. Matthias Wuschek, Fakultät Elektro-/Medientechnik Hochschule für angewandte Wissenschaften –
Fachhochschule Deggendorf DE

Peter Wüthrich, Emitec AG, Rotkreuz

Stefan Halter, Dr. Thomas Läubli, Daniel Ruta, Dr. Joseph Weiss (alle SECO)

Review-Gruppe:

Dr. Maggie Graf, Corina Müller, Urs von Arb, Franz Schild (alle SECO)

Dr. Beat Hohmann, Bereich Physik, Suva, Luzern

Prof. Niels Kuster, Director IT'IS Foundation, Professor ETH Zürich, ITET Department, Zürich



ZUSAMMENFASSUNG

Schnelles Ankochen, punktgenaues Kochen, hohe Energieersparnis, geringere Wärmeabstrahlung, weniger Geruchsemissionen – Induktionskochherde bieten eine Menge Vorteile. Sie erhitzen das Kochgut mit Hilfe von Magnetfeldern, die in leitfähigen Pfannenböden wärmeerzeugende Wechselströme induzieren.

Ein Teil dieser Magnetfelder wird beim Kochen in die Umgebung abgestrahlt. Sie erzeugen elektrische Ströme im Körper von Personen, die neben dem Herd stehen. Solche Körperströme können bei zu hohen Magnetfeldern zu akuten Reizungen der Sinnes-, Nerven- und Muskelzellen führen.

Ob solche Reizungen auch bei Induktionskochherden in Gastroküchen möglich sind, war bis anhin nicht klar, da die Magnetfeldbelastung durch diese Herde bisher nicht bekannt war. Die vorliegende Messerhebung hat diese Lücke geschlossen und die Magnetfelder von modernen (1-3 Jahre) sowie älteren professionellen Induktionskochherden (4-10 Jahre) in Schweizer Gastronomiebetrieben untersucht. An Hand dieser Messungen wurden mit Computersimulationen die Körperströme in kochenden Personen wissenschaftlich berechnet. Sowohl die Magnetfeldbelastungen als auch die induzierten Körperströme wurden mit den jeweiligen Grenzwerten für den Arbeitsplatz «ICNIRP98 Occupational» (Suva, Best. Nr. 1903) und den strengeren Grenzwerten für die Allgemeinbevölkerung «ICNIRP98 General Public» verglichen.

Die Messungen zeigen, dass die Magnetfeldbelastungen (20 kHz) durch professionelle Induktionskochherde an der Herdkante teilweise den Grenzwert für Arbeitsplätze erreichen oder überschreiten. Der Grenzwert für die Allgemeinbevölkerung ist bei der Mehrzahl der Herde überschritten.

Die Simulation der Körperströme in verschiedenen virtuellen Personen lassen für die insgesamt zwölf untersuchten Herde folgende Schlussfolgerungen zu:

- Sofern die Personen an der Herdkante stehen, ist der Arbeitsplatzgrenzwert für Körperströme bei einem Viertel der Herde überschritten.
- Wenn sich Personen an den Herd lehnen und sich die Bauchzone dadurch ein paar Zentimeter dem Kochfeld nähert, steigen die Belastungen an. Je nach Geschlecht und Gewicht der Personen ist der Arbeitsplatzgrenzwert für Körperströme bei einem Drittel bis zur Hälfte der Herde überschritten.
- Bei schwangeren Frauen, die an der Herdkante stehen, ist der Arbeitsplatzgrenzwert für Körperströme je nach Schwangerschaftsstadium bei einzelnen Herden überschritten. Wenn



sich die Frauen an den Herd lehnen, treten aufgrund der verkleinerten Distanz entsprechenden Grenzwertüberschreitungen bei mehreren Herden auf.

- Die simulierten Körperströme in schwangeren Frauen im dritten Monat, die an der Herdkante stehen oder an diese anlehnen, überschreiten mit wenigen Ausnahmen den strenger Körperstrom-Grenzwert für die Allgemeinbevölkerung. Bei fortgeschrittener Schwangerschaft im siebten und vor allem im neunten Monat wird dieser Grenzwert bei allen Herden teilweise massiv überschritten.
- Die simulierten Körperströme in Föten bis zum dritten Monat halten den Körperstrom-Grenzwert für die Allgemeinbevölkerung ein. Bei sieben Monate alten Föten wird dieser Grenzwert bei der Hälfte, bei neun Monate alten Föten bei der Mehrzahl der ausgemessenen Herde teilweise beträchtlich überschritten.
- Die höchsten Magnetfeldstärken treten auf Kochfeldhöhe und damit im Becken- und Unterbauchbereich auf, was besonders bei schwangeren Frauen von Bedeutung ist.
- Falls sich Personen im Abstand von 30 cm zum Herd aufhalten, was einem typischen Gehabstand entspricht, wird der Arbeitsplatzgrenzwert in keinem Fall überschritten.

Weitere Erkenntnisse sind:

- Eine Tätigkeitsanalyse zur Position des Kochpersonals in einzelnen untersuchten Betrieben zeigt, dass das Kochpersonal sich bis zu 30 Prozent der Arbeitszeit an der Kochherdkante aufhält und damit langfristig erhöhten Magnetfeldbelastungen ausgesetzt ist.
- Messungen zum Einfluss der Position der Pfanne auf dem Kochfeld zeigen, dass nicht zentrierte Pfannen nicht unbedingt zu stärkeren Magnetfeldbelastungen führen.
- Auf Grund der Magnetfeldbelastung kann ein Störrisiko für gewisse aktive medizinische Implantate (z.B. Herzschrittmacher, implantierte Defibrillatoren) nicht ausgeschlossen werden, insbesondere bei Beugehaltungen über das Kochfeld oder bei gebücktem Oberkörper.

Schlussfolgerungen

- I. Induktionskochgeräte müssen einen sicheren Betrieb gewährleisten. Für berufliche Tätigkeiten gelten die Bestimmungen des Arbeitnehmerschutzes, d.h. der Arbeitsplatzgrenzwert (Suva, Best. Nr. 1903) muss bei der Arbeitsposition am Herd zu jedem Zeitpunkt eingehalten werden. Da die vorliegende Studie zeigt, dass der berufliche Grenzwert teilweise überschritten ist und sich die übliche Position des Kochpersonals direkt an der Kante des Kochherdes befindet, stehen herstellerseitige technische Optimierungen zur Verringerung der magnetischen Streustrahlung im Vordergrund. Entsprechende Experimente dieser Studie haben gezeigt, dass sich die Magnetfelder mit geeigneten Abschirmmaterialien relativ einfach reduzieren lassen.



- II. Um zu grosse Magnetfeldbelastungen während der Schwangerschaft zu verhindern und den Schutz der werdenden Mütter und ihrer Kinder zu garantieren, sind die Grenzwerte für die allgemeine Bevölkerung bestimmend. Eine Anpassung der gesetzlichen Regelungen für den Mutterschutz wird geprüft. Involvierten Branchenorganisationen und Herstellern wird empfohlen, die Präventionsempfehlungen in geeigneter Form (z.B. Branchenlösungen) zu implementieren und in den gastgewerblichen Fachschulen sowie in Betriebskantinen (Spitäler, Verwaltung, Unternehmen,) entsprechend bekannt zu machen.
- III. Generell wird empfohlen, dass sich Standardisierungsgremien, Hersteller von Implantaten und Hersteller von Induktionskochherden auf gemeinsame Grenzwerte für die abgestrahlten Felder von Induktionskochfeldern und die Störfestigkeit von medizinischen aktiven Implantaten verständigen.
- IV. Bestehende Normen für Induktionskochherde werden auf ihre Praxistauglichkeit in Zusammenarbeit mit den zuständigen internationalen Behörden überprüft. Die Norm SN EN 50499, die Gastroinduktionskochherde abdeckt, sieht eine praxismessgerechte Messung der Magnetfelder an der «üblichen» Position des Bedienungspersonals bei vorgesehener als auch fehlerhafter Verwendung vor. Die Autoren sind der Meinung, dass diese Norm mit Messempfehlungen so ergänzt werden sollte, dass sie auch Worst-case-Situationen in einer à-la-carte Küche berücksichtigt, bei denen die Pfannen auf der höchsten Kochstufe erhitzt werden, die Pfannen nicht zentriert auf den Kochfeldern stehen und sich das Kochpersonal an die Herde lehnt. Die entsprechenden Gremien werden durch die Autoren informiert.

Schlüsselwörter:

AIMD – Arbeitsgesetz – Arbeitshygiene – Arbeitsplätze – Arbeitsplatzgrenzwert – Berührungsströme – Elektromagnetische Felder – EMF – Emissionen – Föten – Gastrogewerbe – Gesundheitsschutz – Grenzwert Allgemeinbevölkerung – Herzschrittmacher – ICNIRP Occupational – ICNIRP General Public – Induktionskochen – Magnetfelder – NIS – Nichtionisierende Strahlung – Schwangerschaft



CONDENSÉ

Les cuisinières à induction offrent de multiples avantages : démarrage rapide de la cuisson, cuisson précise, importante économie d'énergie, rayonnement thermique plus faible, moins d'émissions d'odeur. Elles fonctionnent avec des champs magnétiques qui induisent des courants alternatifs producteurs de chaleur dans le fond des casseroles conductrices d'électricité.

Une partie de ces champs magnétiques se propagent autour de la cuisinière lors de la cuisson et génèrent des courants électriques dans le corps humain. Des champs magnétiques trop élevés peuvent provoquer des irritations aiguës des cellules sensorielles, nerveuses et musculaires.

L'exposition aux champs magnétiques lors de l'utilisation de cuisinières à induction en milieu professionnel (restaurant/hôtellerie) étant jusqu'ici inconnue, il n'était pas possible de déterminer si des effets de ce genre pouvaient également se produire dans ce secteur. Le présent relevé de mesures a permis de combler cette lacune ; les champs magnétiques émis par des cuisinières à induction modernes (1 à 3 ans) et plus anciennes (4 à 10 ans) ont été mesurés dans des cuisines professionnelles suisses. En s'appuyant sur ces mesures, il a été possible, au moyen de simulations par ordinateur, de calculer les courants induits dans le corps des personnes exposées. Puis, les chiffres relevés pour les expositions aux champs magnétiques et pour les courants induits dans le corps ont été comparés avec les valeurs limites d'exposition aux postes de travail « ICNIRP98 Occupational » (Suva, n° de commande 1903) et avec les valeurs limites, plus sévères, fixées pour la population « ICNIRP98 General Public ».

Les mesures montrent que les champs magnétiques émis par les cuisinières à induction (20 kHz) utilisées en milieu professionnel atteignent ou dépassent partiellement, au bord de la cuisinière, la valeur limite fixée pour l'exposition aux postes de travail. Quant à la valeur limite fixée pour la population, elle est dépassée par la plupart des cuisinières.

La simulation des courants induits dans le corps de différentes personnes virtuelles permet d'aboutir aux conclusions ci-après pour l'ensemble des douze appareils examinés :

- Dans le cas des personnes qui se trouvent au bord de la cuisinière, la valeur limite définie aux postes de travail est dépassée pour un quart des expositions simulées.
- Lorsque ces mêmes personnes se penchent sur la cuisinière et que la zone du ventre est donc plus proche de quelques centimètres du champ de cuisson, l'exposition augmente. Suivant le sexe et le poids des personnes, la valeur limite fixée aux postes de travail est dépassée pour un tiers, voire pour la moitié des cuisinières.



- Dans le cas des femmes enceintes qui se trouvent à proximité de la zone de cuisson, la valeur limite fixée aux postes de travail est, suivant le stade de la grossesse, dépassée par certains appareils. Si ces femmes se penchent sur la cuisinière, la distance diminue, ce qui entraîne des dépassements de valeur pour plusieurs appareils.
- Les courants induits à l'intérieur du corps de femmes au 3^e mois de grossesse, qui se trouvent au bord de la cuisinière ou se penchent sur celle-ci, dépassent, à quelques exceptions, les valeurs limites plus sévères fixées pour la population. Lorsque la grossesse est à un stade avancé (7^e et 9^e mois), cette valeur limite est en partie dépassée par tous les appareils, certaines fois massivement.
- Les courants induits par simulation dans les fœtus jusqu'au 3^e mois ne dépassent pas la valeur limite fixée pour la population. Pour les fœtus âgés de sept mois, cette valeur est en partie considérablement dépassée par la moitié des appareils et, pour les fœtus âgés de neuf mois, par la majorité des appareils mesurés.
- Les champs magnétiques les plus élevés se manifestent à hauteur du champ de cuisson et, donc, au niveau du bassin et du bas ventre, zones particulièrement significatives dans le cas d'une grossesse.
- Si les personnes se tiennent à 30 cm du plan de cuisson, distance normale, la valeur limite au poste de travail n'est dépassée dans aucune des situations.

Autres résultats

- Une analyse d'activité concernant la position du personnel de cuisine dans les différentes entreprises examinées révèle que ces personnes passent 30 % de leur temps de travail aux fourneaux et qu'elles sont donc exposées de manière accrue à des champs magnétiques sur de longues périodes.
- Même si les casseroles ne sont pas centrées sur la plaque de cuisson, les mesures effectuées ne révèlent pas nécessairement des expositions plus élevées aux champs magnétiques.
- Il n'est pas non plus possible d'exclure un risque d'interférence avec certains implants médicaux actifs (p. ex., stimulateurs cardiaques, défibrillateurs implantés) lié à l'exposition aux champs magnétiques, notamment en position inclinée sur la cuisinière ou courbée vers le sol.

Conclusions

- I. Les cuisinières à induction doivent garantir un fonctionnement sûr. Pour les activités professionnelles, les dispositions sur la protection des travailleurs s'appliquent ; la valeur li-



mite d'exposition au poste de travail (Suva, n° de commande 1903) doit être respectée tout le temps. La présente étude révèle que la valeur limite en milieu professionnel est en partie dépassée et que la position habituelle du personnel de cuisine est directement devant la cuisinière ; il est donc nécessaire que les fabricants améliorent leurs appareils sur le plan technique afin de diminuer les champs magnétiques rayonnés. Certaines expériences menées dans le cadre de la présente étude ont montré que les champs magnétiques peuvent être réduits facilement au moyen de matériaux de protection appropriés.

- II. Afin d'éviter de trop grandes expositions aux champs magnétiques pendant la grossesse et de garantir la protection de la future mère et de ses enfants, les valeurs limites fixées pour la population sont déterminantes. Une adaptation des dispositions légales pour la protection de la maternité est à l'étude. Il est conseillé aux organisations des branches et aux fabricants concernés de mettre en œuvre les recommandations de prévention de façon appropriée (p. ex., solution par branches) et de les faire connaître dans les écoles professionnelles de restauration et d'hôtellerie ainsi que dans les cantines (hôpitaux, administration, entreprises).
- III. Il est généralement recommandé aux organismes de normalisation, aux fabricants d'implants ainsi qu'aux fabricants de cuisinières à induction de s'entendre pour fixer des valeurs limites communes s'appliquant aux champs magnétiques émis par les cuisinières à induction ainsi qu'à l'immunité des implants médicaux actifs.
- IV. L'application, dans la pratique, des normes fixées pour les cuisinières à induction est examinée en collaboration avec les autorités internationales compétentes. La norme SN EN 50499, qui couvre les cuisinières à induction utilisées dans la restauration, prévoit de mesurer les champs magnétiques à l'endroit « habituel » où se tient le personnel de service en cas d'utilisation prévue comme en cas d'utilisation non correcte. Les auteurs de l'étude estiment que cette norme devrait être complétée par des recommandations de mesures afin de tenir également compte du pire scénario possible dans une cuisine « à la carte » : casseroles chauffées au niveau maximal et non centrées sur les plaques, personnel de cuisine penché sur les cuisinières. Les organes concernés seront informés par les auteurs.

Mots-clés

AIMD - loi sur le travail - hygiène du travail - postes de travail - valeur limite au poste de travail - courants de contact - champs électromagnétiques - CEM - émissions - fœtus - métiers de la restauration - protection de la santé - valeur limite pour la population - stimulateurs cardiaques - ICNIRP Occupational - ICNIRP General Public - cuisinières à induction - champs magnétiques - RNI - rayonnement non ionisant - grossesse



RIASSUNTO

Le cucine a induzione presentano tutta una serie di vantaggi: rapidità di prima cottura o ebollizione, precisione nei tempi di cottura, irraggiamento termico ridotto, riduzione degli odori. Il loro funzionamento si basa su campi magnetici che inducono correnti alternate generatrici di calore nei fondi delle pentole atte a condurre l' elettricità.

Durante l' utilizzo della cucina, una parte di questi campi magnetici si propaga nell' ambiente circostante e, in prossimità dei fornelli, genera correnti elettriche nell' organismo umano. Se i campi magnetici sono troppo elevati, queste correnti potrebbero causare irritazioni acute delle cellule sensoriali, nervose e muscolari.

La mancanza di informazioni precise sull' esposizione ai campi magnetici generati dalle cucine a induzione comportava finora l' impossibilità di determinare se queste irritazioni potessero manifestarsi anche utilizzando tali cucine nella gastronomia. Le misurazioni presentate in questa sede hanno colmato tale lacuna analizzando i campi magnetici generati da cucine a induzione moderne (da 1 a 2 anni) e più vecchie (da 4 a 10 anni) nella gastronomia professionale svizzera. Sulla base di queste misurazioni sono state calcolate, con metodi scientifici e con l' ausilio di simulazioni computerizzate, le correnti elettriche che attraversano il corpo delle persone che utilizzano le cucine. In seguito le esposizioni ai campi magnetici e le correnti elettriche indotte sono state messe a confronto con i relativi valori limite stabiliti per il posto di lavoro «ICNIRP98 Occupational» (Suva, n. d' ordinazione 1903), nonché con quelli, più severi, per la popolazione «ICNIRP98 General Public».

Dalle misurazioni è emerso che le esposizioni ai campi magnetici generati dalle cucine a induzione professionali (20 kHz) raggiungono o superano in parte, al bordo della cucina, il valore limite per l' esposizione professionale. Il valore limite per la popolazione è superato dalla maggior parte delle cucine.

La simulazione delle correnti elettriche che attraversano diverse persone virtuali permette di giungere, per l' insieme delle dodici cucine esaminate, alle seguenti conclusioni:

- per le persone che si trovano in prossimità del bordo della cucina, il valore limite per l' esposizione professionale è superato in un quarto delle simulazioni;
- se le persone si appoggiano alla cucina, avvicinando di qualche centimetro il ventre ai fornelli, l' esposizione aumenta; a seconda del sesso e del peso della persona, il valore limite per l' esposizione professionale è superato in un terzo, se non nella metà delle cucine;
- nel caso delle donne incinte, a seconda dello stadio della gravidanza il valore limite per l' esposizione professionale è superato in singole cucine; se queste donne si appoggiano



alla cucina, la distanza ridotta tra il corpo e i fornelli comporta un numero maggiore di cucine in cui è superato il valore limite;

- le correnti elettriche simulate nel corpo di donne al terzo mese di gravidanza che si trovano vicino al bordo della cucina o vi si appoggiano superano, con poche eccezioni, il severo valore limite per la popolazione; se la gravidanza è più avanzata, al settimo e al non mese, tale valore limite è superato in parte considerevolmente per tutte le cucine;
- le correnti elettriche simulate nel corpo di feti fino al terzo mese non superano il valore limite per la popolazione; se i feti hanno sette mesi il valore limite è superato, in parte considerevolmente, nella metà delle cucine, mentre se i feti hanno nove mesi ciò è il caso nella maggior parte di esse;
- i campi magnetici più elevati sono riscontrati all'altezza dei fornelli e dunque del bacino e del basso ventre, ossia zone particolarmente significative in caso di gravidanza;
- se le persone che cucinano mantengono una distanza di 30 centimetri dai fornelli, ossia una distanza normale in movimento, il valore limite per l' esposizione professionale non è superato in alcun caso.

Altri risultati

- Da un'analisi dell' attività concernente la posizione assunta dal personale di cucina in singole aziende gastronomiche esaminate, emerge che durante un periodo di tempo di lavoro che raggiunge addirittura il 30 per cento, il personale si trova vicino al bordo della cucina ed è dunque esposto per lungo tempo a campi magnetici elevati.
- Le pentole che non sono centrate sui fornelli non generano necessariamente campi magnetici più elevati.
- Non si può escludere che l'esposizione a campi magnetici possa disturbare determinati dispositivi medici impiantabili (p. es. stimolatori cardiaci o defibrillatori impiantati), in particolare nel caso in cui le persone sono chine sui fornelli o piegate verso terra.

Conclusioni

- I. La sicurezza del funzionamento delle cucine a induzione deve essere garantito. Per le attività professionali sono applicabili le disposizioni della protezione dei lavoratori, per cui il valore limite per l' esposizione professionale (Suva, n. di ordinazione 1903) deve essere sempre rispettato. Essendo emerso dal presente studio che il valore limite per l' esposizione professionale è in parte superato e che usualmente il personale si posiziona direttamente vicino al bordo della cucina, è prioritario che i fabbricanti ottimizzino



dal punto di vista tecnico tali installazioni in modo da diminuire l'irraggiamento magnetico diffuso. Dalle relative sperimentazioni effettuate nell'ambito del presente studio risulta che i campi magnetici possono essere facilmente ridotti mediante idonei schermi di protezione.

- II. I valori limite per la popolazione sono determinanti per evitare eccessive esposizioni ai campi magnetici durante la gravidanza e per garantire la protezione delle future madri e dei loro bambini. Si sta esaminando l'opportunità di adeguare i disciplinamenti legali per la protezione delle madri. Le organizzazioni professionali e i fabbricanti implicati sono invitati a implementare in una forma adeguata (p. es. soluzioni per settore) le raccomandazioni di prevenzione e di diffonderle nelle scuole professionali della gastronomia e nelle mense di ospedali, amministrazioni, aziende ecc.
- III. In generale si raccomanda agli organi di normalizzazione, ai fabbricanti di dispositivi impiantabili e ai fabbricanti di cucine a induzione di concordare valori limite comuni per i campi magnetici che emanano dalle cucine a induzione e la resistenza alle perturbazioni dei dispositivi medici impiantabili attivi.
- IV. L'idoneità delle vigenti norme per le cucine a induzione all'applicazione nella pratica è verificata in collaborazione con le competenti autorità internazionali. La norma EN 50499, applicabile alle cucine a induzione della gastronomia, prevede una misurazione adeguata alla prassi dei campi magnetici cui è esposto il personale nella posizione «usuale» in caso di utilizzo corretto e scorretto. Gli autori ritengono che questa norma con le relative raccomandazioni di misurazione andrebbe completata di modo da considerare anche i scenari peggiori in una cucina «à la carte», in cui le pentole vengono riscaldate alla temperatura massima, non sono centrate sulla piastra e il personale si appoggia ai fornelli. Gli autori informeranno in merito gli organi competenti.

Parole chiave:

AIMD – Legge sul lavoro - Igiene sul lavoro – Posti di lavoro – Valore limite per l'esposizione professionale – Corrente di contatto - Campi elettromagnetici – CEM - Emissioni – Feti – Industria gastronomica – Protezione della salute - Valore limite per la popolazione - Stimolatori cardiaci - ICNIRP Occupational - ICNIRP General Public – Cucine a induzione – Campi magnetici – RNI – Radiazioni non ionizzanti - Gravidanza



SUMMARY

Rapid boiling, targeted heating, high energy efficiency, low heat radiation, less odor emission - induction hotplates offer a wealth of advantages. They heat the food with the aid of magnetic fields that generate heat-inducing alternating currents into conductive cooking pans. Part of the magnetic field is radiated into the immediate environment during cooking. In the area near the cooker these can penetrate the human body. At high levels body irradiation can lead to acute irritation of the sensory organs, nerves and muscular tissues.

It was not known whether such irritations were possible from the use of induction cookers in professional kitchens, as the magnetic field exposure from these cookers had not been investigated. This study closed this knowledge gap and the magnetic fields from modern (1 to 3 years old) and older (4 to 10 years old) cookers were measured in typical Swiss kitchens. On the basis of these measurements computer simulations of body exposure in cooks were scientifically estimated. Both the magnetic field exposure and the induced body radiation were compared to the current exposure limits for occupational exposure (Suva, Order Nr. 1903) and to the lower exposure limits for the general public (ICNIRP98).

The results show that the magnetic field exposures (20 kHz) from professional cookers occasionally reach and exceed the exposure limits for occupational exposure. The exposure limits for the general public are exceeded by most cookers.

The simulation of body exposures in various virtual people revealed the following results for the twelve cookers that were investigated:

- When a person is standing at the edge of the cooker, the occupational exposure limits for body radiation are exceeded in a quarter of the simulated exposures.
- If the person leans over the cooker and the abdominal area comes within a few centimeters of the "hotplate", the exposure increases. According to gender and weight, the occupational exposure limit for body radiation is exceeded by a quarter to half of the cookers in this case.
- For pregnant women, who stand against the edge of the cooker, the occupational exposure limit for body radiation is exceeded according to the stage of the pregnancy. If the woman leans over the cooker the exposure limits are exceeded by more cookers because of the reduced distance.
- The simulated body radiation to women in the third month of pregnancy that stand against the edge of the cooker or lean over it exceed the lower body radiation limits for the general public in almost all cases. In more advanced stages of pregnancy, at seven and nine months, this limit is exceeded by all cookers and substantially by several cookers.



- The highest magnetic field strengths were found to be at the level of the cooking surface and therefore to the pelvic and lower abdominal regions. This is particularly problematic during pregnancy.
- If the cook remained at least 30 cm from the cooker, which corresponds to a typical working distance, the exposure limits are not exceeded.

Further results are

- A task analysis of the position of the cooks in a sample of the kitchens showed that the cooks are in contact with the edge of the cookers 30 percent of the time and therefore are exposed for long periods to the magnetic fields.
- Measures of the influence of the position of the cooking pans on the "hotplates" showed that the accurate positioning of the pan on the plate had little effect.
- On the basis of the magnetic field exposure a risk for interference with certain medical implants (e.g. heart pacemakers, implanted defibrillators) cannot be excluded, particularly when bending over the cooking area or when the body is bent towards the ground.

Conclusions

- I. Induction cookers must ensure safe operation. For occupational tasks the regulations relating to labour protection, i.e. the occupational exposure limits (Suva, Order Nr. 1903), must be ensured at all times. As this study shows, the exposure limits are at times exceeded and, as the common position of the cook is directly at the edge of the cooker, technical improvements of the cookers to reduce the side-stream magnetic radiation are needed. Corresponding investigations described in this study show that the magnetic fields are relatively easily reduced by shielding materials.
- II. In orders to reduce excessive magnetic field exposures during pregnancy and to guarantee the protection of expectant mothers and their children, the exposure limits for the general public are appropriate. An adaptation to the legal regulations relating to the protection of pregnant women is under consideration. Professional organizations and producers of induction cookers are advised to implement the above precautionary recommendations in an appropriate form (e.g. integration in branch strategies for occupational health and safety) and to disseminate the information in professional training and to company canteens (hospitals, government, enterprises).
- III. In general it is recommended that the organizations responsible for the Standards, producers of medical implants and the producers of induction cookers coordinate to establish exposure limits for the risks in relation to disturbance of medical implants.



- IV. The current norms for induction cookers need to be reexamined in collaboration with the appropriate authorities in regard to their practical application. The Norm SN EN 50499, which covers induction cookers, requires a practical measurement of the magnetic field in the "common" position of the cook both by expected and incorrect use. The authors are of the opinion that this norm should be extended to cover the worst-case situation in an à-la-carte kitchen, in which the pots are heated to the maximum, not centered over the hotplates and the cooks are leaning over the cooker for long periods of time. The Authors will inform the corresponding authorities.

Key words

AIMD – Labour Law – Occupational hygiene – workplace – occupational exposure limit – contact current – electromagnetic fields – EMF – emissions – foetus – restaurants – health protection – public exposure limits – pacemakers – ICNIRP Occupational – ICNIRP General Public – induction cookers – magnetic fields – NIS – non-ionising radiation – pregnancy



GLOSSAR / ABKÜRZUNGEN

Arbeitsplatzgrenzwert: Grenzwerte am Arbeitsplatz (Nr. 1903, Suva) entsprechen den Referenzwerten ICNIRP Occupational

Ableitstrom: Der Ableitstrom ist ein unerwünschter Leckstrom, der aus einem fehlerfreien elektrischen Stromkreis direkt über dessen Schutzerdung zur Erde oder indirekt über leitfähige Teile (Gehäuse oder eine das Gehäuse berührende Person) zur Erde fliesst. Er wird auch als Körperstrom bezeichnet → <http://de.wikipedia.org/wiki/Ableitstrom>.

AIMD ist die Abkürzung für: Active Implanted Medical Devices bzw. aktive implantierbare medizinische Geräte bzw. aktive medizinische Implantate (am gebräuchlichsten im deutschen Sprachraum)

EMF: Elektromagnetische Wechselfelder.

Epidemiologie: Wissenschaftszweig, der sich mit der Verteilung von Krankheiten in der Bevölkerung und deren physikalischen, chemischen, psychischen und sozialen Parametern befasst.

Emissionen: siehe Immissionen.

Fötus (auch Fetus, Nachkommenschaft) ist ein Embryo nach Ausbildung der inneren Organe während der Schwangerschaft, www.wikipedia.org/wiki/Fötus.

Frequenz: Die Frequenz bezeichnet die Anzahl Schwingungen pro Sekunde und wird in Hertz (Hz) angegeben. Dabei steht 1 Hz für eine Schwingung pro Sekunde. Im Funkbereich sind Kilohertz (1000 Hz), Megahertz (1.000.000 Hz) und Gigahertz (1.000.000.000 Hz) gebräuchliche Einheiten.

Grenzwert für die Allgemeinbevölkerung: → ICNIRP General Public

Hochfrequenz-Strahlung: Nichtionisierende Strahlung mit einer Frequenz ab 100 Kilohertz bis 300 Gigahertz wird als Hochfrequenz-Strahlung bezeichnet. In diesem Bereich sind das elektrische und magnetische Feld aneinandergeschlossen und können sich als Welle frei im Raum ausbreiten. Mobiltelefonie, verschiedene Funkanwendungen, Radaranlagen sowie Radio und Fernsehen nutzen diese Eigenschaft für die drahtlose Übertragung von Informationen.

ICNIRP: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection.

ICNIRP Occupational: Referenzwerte für berufliche Expositionen gemäss ICNIRP98; sie entsprechen den Arbeitsplatzgrenzwerten der Suva (2011, Best. Nr. 1903)

ICNIRP General Public: Referenzwerte für die Allgemeinbevölkerung gemäss ICNIRP98

IT'IS: Foundation für Research on Information Technology in Society, Director Foundation IT'IS: Prof. Dr. Niels Kuster, Zurich Switzerland, www.itis.ethz.ch

Immissionen: (lat. immittere, hineinsenden). Nichtionisierende Strahlen werden am Ort ihres Einwirkens (z.B. an Arbeitsplätzen) als Immissionen bezeichnet. Der Begriff wird hauptsächlich im Bereich des Umweltschutzes benutzt. Jede Immission ist die Folge einer vorausgehenden Emission (Austrag), d.h. die Strahlung im Nahbereich der Quelle. Weiter entfernt zur Quelle werden Emissionen zu Immissionen. Mit zunehmender Entfernung zum Sender nimmt die Strahlungsintensität nach physikalischen Gesetzen ab.

Niederfrequente Felder: Im Gegensatz zur Hochfrequenz-Strahlung sind das elektrische und magnetische Feld im Frequenzbereich zwischen 0 Hz und 100 kHz nicht aneinander gekoppelt. Deshalb spricht man hier eher von Feldern als von Strahlung. Quellen dieser Felder sind insbesondere Eisenbahn-Fahrleitungen, Hochspannungsleitungen, weitere Anlagen der Stromversorgung wie Trafostationen und Unterwerke sowie elektrische Geräte.

Magnetfeld: als magnetische Flussdichte (B-Feld) mit der Einheit [T] oder als Magnetfeldstärke (H-Feld) mit der Einheit [A/m]

WHO: World Health Organisation: Weltgesundheitsorganisation.



Inhaltsverzeichnis

GLOSSAR / ABKÜRZUNGEN.....	15
1. EINLEITUNG	19
1.1 Induktionskochherde –Kochen mit Magnetfeldern.....	19
1.2 Induktionskochen im Gastrobereich	20
1.3 Belastungen durch Magnetfelder sowie Ableitströme bei Induktionskochfeldern	21
1.3.1 Magnetische Streufelder und Spulensysteme	21
1.3.2 Ableitströme und Ausgleichsströme	22
1.3.3 Bildung von Schweiß-Stellen durch Ausgleichsströme.....	23
2. WARUM EINE UNTERSUCHUNG DER GESUNDHEITLICHEN BELASTUNG BEIM ARBEITEN MIT PROFESSIONELLEN INDUKTIONSKOCHSYSTEMEN?	24
3. GESUNDHEITLICHE WIRKUNGEN DER MAGNETISCHEN WECHSELFELDER	26
3.1 Akute gesundheitliche Wirkungen durch mittelfrequente Magnetfelder	26
3.2 Indirekte gesundheitliche Wirkungen durch Störungen medizinischer Implantate	27
3.3 Längerfristige gesundheitliche Wirkungen durch mittelfrequente Magnetfelder	29
4. GRENZWERTE UND GESETZLICHE BESTIMMUNGEN (EMF)	31
4.1 Aktuelle Grenzwertempfehlungen der ICNIRP98	31
4.2 Grenzwertempfehlungen ICNIRP(2010).....	33
4.3 EMF-Grenzwerte und gesetzliche Bestimmungen in der Schweiz.....	34
4.3.1 Grenzwerte für Arbeitsplätze	34
4.3.2 AIMD: Normen und zulässige Spitzenfeldstärken.....	35
4.3.3 Bestimmungen und Grundsätze für schwangere Frauen	37
4.4 Normen für professionelle Induktionskochherde	38
4.4.1 Norm SN EN 50499 (anwendbar auf professionelle Induktionskochherde).....	38
4.4.2 Andere Normen (nicht anwendbar auf professionelle Induktionskochherde).....	39
4.5 Zuständige Kontroll-Behörden für EMF bei Geräten und an Arbeitsplatz	39
4.5.1 EMF von Geräten	39
4.5.2 EMF an Arbeitsplätzen	39
4.5.3 EMF und Mutterschutz.....	40
4.5.4 Professionelle Induktionskochherde: Gesetze – Behörden – Zuständigkeiten	40
4.6 Ergonomische Mindestanforderungen an Kocharbeitsplätzen gemäss Arbeitsgesetz....	40



5.	METHODIK UND AUSWERTUNG	42
5.1	Messkonzept.....	42
5.2	Messgeräte	44
5.3	Untersuchte Induktionskochherde und -geräte.....	46
5.4	Auswertung der Messdaten.....	47
5.5	Messunsicherheit der Magnetfeldmessungen	50
6.	RESULTATE DER MAGNETFELDMESSUNGEN DER KOCHHERDE	51
6.1	Magnetfeldbelastungen durch Kochherde im Vergleich zu den Grenzwerten.....	51
6.2	Magnetische Feldexpositionen: Zonenmessungen im Überblick	53
6.3	Magnetfeldexpositionen: Distanzmessreihen	53
6.4	Magnetfeldexpositionen: Näherungsformel zur Abschätzung der Feldstärke	55
6.5	Magnetfeldexpositionen: Pfannenplatzierung auf Kochfeld und Pfannentyp	55
6.6	Magnetfeldexpositionen: Kochleistungsstufen	56
6.7	Magnetfeldexpositionen: Auswirkungen auf Herzschrittmacher	58
7.	MESSUNGEN DER ARBEITSPOSITIONEN AM KOCHARBEITSPLATZ	59
7.1	Erläuterungen zur Tätigkeitsanalyse (FIT)	59
7.2	Ergebnisse der Tätigkeitsanalyse (FIT).....	59
8.	COMPUTERUNTERSTÜTZTE SIMULATION DER STRÖME IM KÖRPER.....	61
8.1	Einleitung und Aufgabenstellung.....	61
8.2	Körperströme in nicht schwangeren Personen und im Gonaden-Bereich	62
8.3	Körperströme in einer schwangeren Köchin.....	65
8.3.1	Vergleich mit Basisgrenzwert für Arbeitsplätze (ICNIRP98 Occupational).....	65
8.3.2	Vergleich mit Basisgrenzwert für Allgemeinbevölkerung (ICNIRP98 General Public)	67
8.4	Körperströme im ungeborenen Kind im Mutterleib	69
8.4.1	Vorbemerkung zur Entwicklung des ungeborenen Kindes während Schwangerschaft.....	69
8.4.2	Resultate: Magnetfeld-Belastungen der Föten	70
9.	MAGNETFELD-ABSCHIRMUNG BEI INDUKTIONSKOCHFELDERN.....	73
9.1	Möglichkeiten der Abschirmung	73



9.2	Ergebnisse der Reduktion niederfrequenter Magnetfelder an Induktionskochherden.....	74
10.	DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	76
10.1	EMF-Belastungen beim Induktionskochen	76
10.2	Spezifische Anforderungen an die Induktionskochherde.....	77
10.2.1	Induktionskochen verlangt spezielle Pfannen	77
10.2.2	Abschirmungen: Empfehlungen	77
10.2.3	Ableitströme bei Induktionskochherden	78
10.2.4	Elektrostatische Aufladungen	79
10.2.5	Betriebsanleitungen: Sicherheits- und Anwenderinformationen.....	79
10.3	Bemerkungen zur den Normen SN EN 62233 und IEC 62233	81
11.	Handlungsfelder und Massnahmen in Bezug auf Induktionskochherde	83
11.1	Vollzugsorgane - Zuständigkeiten	83
11.2	Vollzugsorgane - Handlungsfelder	83
11.2.1	Mutterschutzverordnung und Rechtsgrundlagen	83
11.2.2	Informationsmittel	84
11.3	Technische Standards - Stand der Technik	84
11.3.1	Massnahmen für Hersteller und Betreiber von Induktionskochherden	84
11.3.2	Neue Messempfehlungen	85
11.4	Massnahmen für Arbeitgeber in der Gastronomie.....	87
11.4.1	Allgemeine Pflichten.....	87
11.4.2	Mutterschutz.....	87
	BIBLIOGRAFIE	89
	ANHANG I: ZONENPLOTS DER INDUKTIONSKOCHHERDE (Distanz 0/30cm zu Herdkante)	91
	ANHANG II: PFANNENPLATZIERUNGEN AUF DEM KOCHFELD	93

1. EINLEITUNG

1.1 Induktionskochherde – Kochen mit Magnetfeldern

Elektrische und magnetische Felder sind allgegenwärtig, sie entstehen bei allen Anlagen oder Geräten, die elektrische Energie übertragen oder benötigen. Bei vielen elektrischen Geräten entstehen diese Felder als nicht nutzbares Nebenprodukt.

Induktionskochherde leiten die Wärmeenergie nicht wie konventionelle Herde über erhitzte Kochfelder auf die Pfanne, sondern erzeugen mit Induktionsspulen starke Magnetfelder, welche die Heizenergie direkt auf den Pfannenboden übertragen. Diese Felder generieren im Pfannenboden sogenannte Wirbelströme, welche die notwendige Hitze produzieren. Konstruktionsbedingt kann die Pfanne nicht das gesamte Magnetfeld ausnutzen. Ein Teil davon tritt nutzlos rund um das Kochfeld aus und führt zu einer Belastung der am Kochherd stehenden Person.

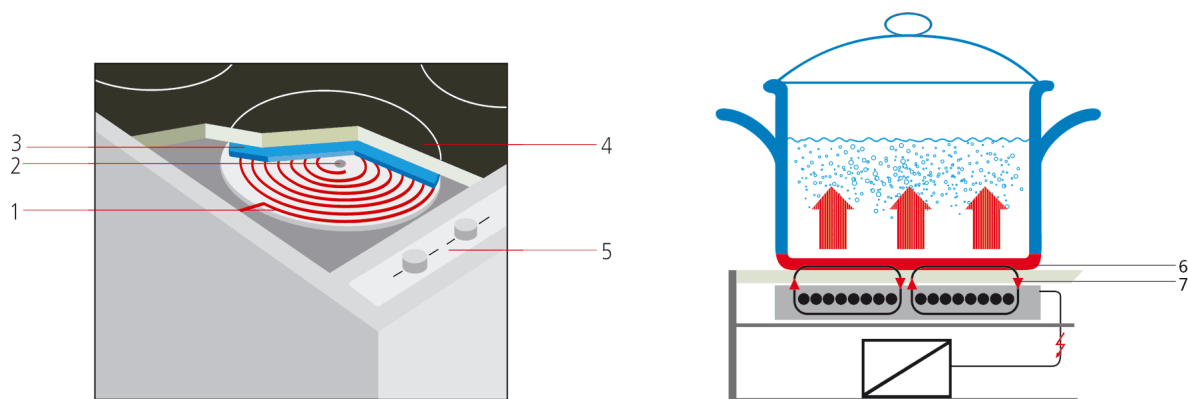


Abb. 1-1: Prinzipschemen Induktionskochherd und Induktionskochen: 1 Induktionsspule, 5 Funktionsanzeige, 2 Temperaturfühler, 6 Topfboden aus ferromagnetischem Material, 3 Wärmedämmung, 7 Elektromagnetisches Wechselfeld, 4 Glaskeramikplatte (Quelle: BAG)

Induktionskochherde arbeiten mit Frequenzen zwischen 20 kHz und 100 kHz. Die Frequenzen sind so gewählt, dass keine akustisch wahrnehmbaren Geräusche entstehen. Die eingesetzten Leistungen liegen heutzutage zwischen ca. 1 bis 3 Kilowatt (kW) bei Haushaltsgeräten und ca. 5 bis 10 kW bei professionellen Induktionskochgeräten.

1.2 Induktionskochen im Gastrobereich

Induktionskochherde bieten eine Menge von Vorteilen. Die Wirbelströme erhitzen die Pfannen schnell und erlauben ein schnelles Ankochen. Hinzu kommt, dass die Kochfelder selber keine Hitze entwickeln und sich der Herdbereich auch bei langer Betriebsdauer nicht stark erwärmt. Das Kochpersonal, das täglich mehrere Stunden am Kochherd steht (Kap. 7), ist beim Induktionserwärmen nur der direkten Wärmestrahlung der Pfannen ausgesetzt. Es besteht somit keine unmittelbare Gefahr, sich an der heissen Herdoberfläche zu verbrennen.



Abb. 1-2: Typische Arbeitsposition am Kochherd (Diätküche)



Abb. 1-3: Chefkoch und Herzschrittmacher-Träger

Laut Hersteller bestehen beim Induktionskochen folgende Vorteile:

- ✓ Grosse Energieersparnis von mindestens 50 % gegenüber herkömmlicher Kochtechnik
- ✓ Die Induktionstechnik amortisiert sich alleine durch die Verminderung der Energiekosten in kurzer Zeit
- ✓ Geringe Wärmeabstrahlung sorgt für angenehme Raumtemperaturen in der Küche
- ✓ Minimale Fettdämpfe durch Wegfall der Zweitverbrennung auf dem Kochfeld
- ✓ Kurze Ankochzeiten, keine Wartezeiten. Innerhalb weniger Sekunden steht die maximale Wärmeleistung zur Verfügung
- ✓ Stufenlose, feinste Energiedosierung für das Kochen auf den Punkt

- ✓ Einfache Reinigung, da die Speisereste nicht in die Kochfelder einbrennen

Ein Induktionskochherd eignet sich für alle gastronomischen Kochvarianten. Die schnelle Hitzeezeugung kommt zum Beispiel in der Küche "à-la-carte" und in Kantinenküchen zur Geltung, in der verschiedene Speisen gleichzeitig auf definierte Servier-Zeitpunkte zubereitet werden. Das Küchenpersonal kocht deshalb oft mit vielen kleinen Pfannen, die anzahlmässig die Kochfelder übersteigen.

Da sich bei dieser Anordnung die Heizleistung nicht für jede Pfanne separat regeln lässt, verschiebt das Kochpersonal die Pfannen zwischen Zonen mit wenig und viel Heizenergie. Neben einer schlechten Energieübertragung entstehen durch diese Kochpraxis zusätzliche Magnetfelder in der Umgebung der Kochherde, da die Pfannen die Magnetfelder nicht mehr optimal in Wärme umwandeln.

1.3 Belastungen durch Magnetfelder sowie Ableitströme bei Induktionskochfeldern

1.3.1 Magnetische Streufelder und Spulensysteme

Über die Grösse der Magnetfelder, die vor Induktionskochherden auftreten, ist wenig bekannt. Die Magnetfeldverteilung durch die Mitte einer Rundspule ist in Abb. 1-4 dargestellt.

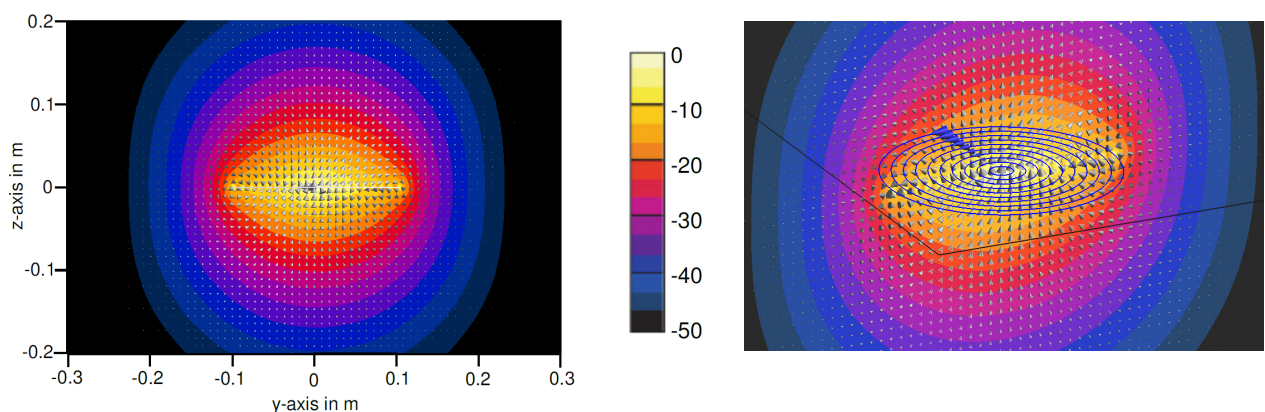


Abb. 1-4: Magnetfeldverteilung eines Induktionskochfeldes. links: Blickrichtung Spulenebene mit Abmessungen; rechts: Perspektive von oben mit angeblöhtem Rand des Kochfeldeinsatzes; mitte: Farbskala in [dB], 0 dB = 250 μ T, -10 dB = 78 μ T, -20 dB = 24 μ T, -30 dB = 7.6 μ T. Der Stromfluss auf allen konzentrischen Kreisen beträgt 1 Ampere. Die grauen Pfeile symbolisieren die Feldlinienrichtungen und die Ecklinie den Kochfeldeinsatz. Quelle: IT'IS Foundation Zürich, Dr. Andreas Christ, August 2011.

Die in Gastroherden eingebaute automatische Topferkennung reagiert in der Regel nicht sensibel auf verschobene oder zu kleine Pfannen, sondern schaltet die Induktionsspulen des Kochfeldes erst dann aus, wenn keine Pfanne mehr darauf steht.

Moderne Gastroinduktionskochherde umgehen diese nicht optimalen Betriebsbedingungen, in dem an Stelle einer grossen Induktionsspule (Powerfelder) mehrere nebeneinander liegende kleinere Induktionsspulen (Abb. 1-5) verwendet werden (Multifunktionskochfelder). Sie ermöglichen eine feine Leistungsdosierung und diese Systeme haben eine spezielle Steuer-elektronik mit Sensoren zur Topferkennung und Temperaturüberwachung.

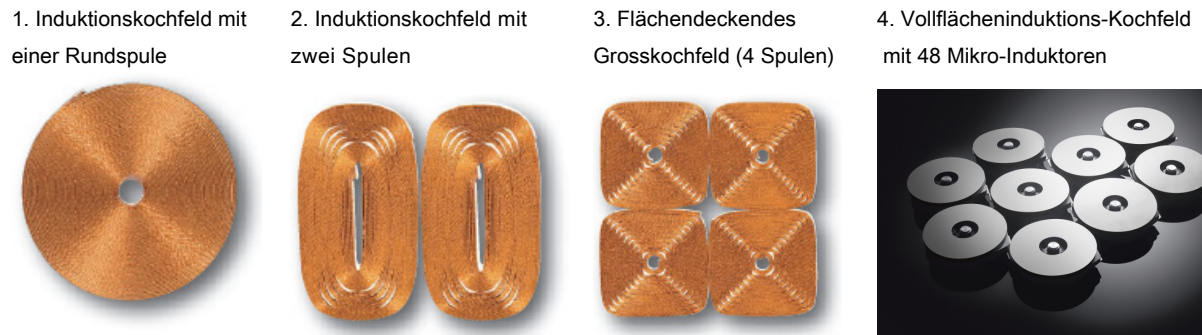


Abb. 1-5: Fotoillustrationen von MENU SYSTEM (Bilder 1-3) und GAGGENAU (Bild 4); das Spulensystem 4 existiert erst seit 2011 und wurde in der Studie nicht geprüft (Modell CX-480).

1.3.2 Ableitströme und Ausgleichsströme

Neben den magnetischen Streufeldern tritt bei Induktionskochherden ein weiteres elektrisches Phänomen auf, das belästigend (Elektrisierungen) oder für Personen mit Herzschrittmachern möglicherweise lebensbedrohend sein kann (→Kap.3.2).

Zum Prinzip: Die elektrisch leitende Induktionsspule bildet zusammen mit der elektrisch isolierenden Glaskeramik-Platte und dem leitenden Pfannenboden einen elektrischen Kondensator, der via Spule und Wechselstromnetz mit der Erde verbunden ist. Bei eingeschalteter Induktionsspule wird die Pfanne elektrisch aufgeladen. Falls nun auf der Seite der Pfanne ein Kontakt zur Erde entsteht, bildet sich ein zusätzlicher Wechselstromkreis, in dem ein sogenannter Ableitstrom [2] fliesst.

Ein solcher elektrischer Kontakt zur Erde ist dann vorhanden, wenn die am Kochherd stehende Person nicht ausreichend gegen die Erde isoliert ist (z.B. nasse Böden, elektrisch leitendes Schuhwerk, starkes Schwitzen der Hände etc.) und sie auf irgendeine Weise die Pfanne berührt. Dies ist z.B. beim Rühren mit metallischen Löffeln oder Schwingbesen der Fall.

Schwache Elektrisierungen einer Person treten auch dann auf, wenn sie zwar gut gegen die Erde isoliert ist, aber gleichzeitig mit beiden Armen in zwei benachbarten induktiv erwärmten

Pfannen rührt. Es entsteht ein Ausgleichsstrom, der von einer Hand zur anderen fließen kann .

1.3.3 Bildung von Schweiss-Stellen durch Ausgleichsströme

Wenn sich zwei Pfannen auf benachbarten Kochfeldern berühren (z.B. Saucenwannen mit 30 cm Länge), kann es zu «Verschweissungen» mit rotglühenden Kontaktstellen über 700°C kommen (Abb. 1-6), welche die Pfannen beschädigen. Schweisspunkte können sich auch auf den Chromstahlumrandungen bilden. Dieser Effekt beruht auf induzierten Wirbelstromkreisen auf den Aussenflächen der Behälter, die hohe Ausgleichsströme erzeugen können.

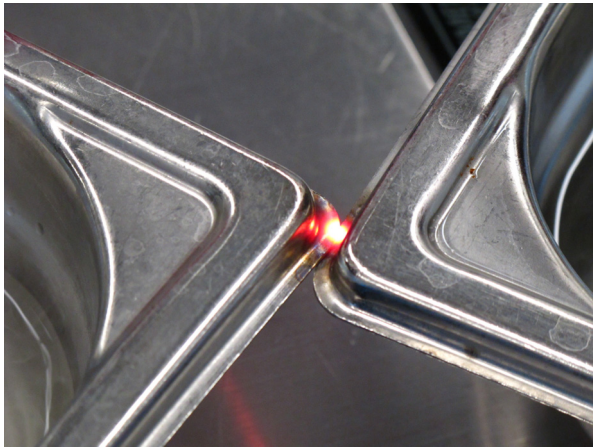


Abb. 1-6: Bild links: Verschweissung zweier sich berührender Chromstahlwannen (mittlere Heizstufe); Bild rechts: typischer Schweisspunkt beim Übergang vom Kochfeldeinsatz zum Chromstahltisch



2. WARUM EINE UNTERSUCHUNG DER GESUNDHEITLICHEN BELASTUNG BEIM ARBEITEN MIT PROFESSIONELLEN INDUKTIONSKOCHSYSTEMEN?

Elektrische und magnetische Felder können mit dem menschlichen Organismus in Wechselwirkung treten und in ihm biologische Effekte hervorrufen. Ob die schwachen, im Alltag üblicherweise vorkommenden Felder eine Gefahr für die Gesundheit darstellen, lässt sich trotz grosser Forschungsanstrengungen nach wie vor nicht vollständig beantworten. Starke Felder hingegen können akute belästigende Effekte hervorrufen und ab einer gewissen Grösse die Gesundheit beeinträchtigen.

Damit solche Risiken nicht auftreten, sind Grenzwerte festgelegt und Normen geschaffen worden, welche die Felder sowohl am Arbeitsplatz wie auch im täglichen Leben limitieren. Überschreitungen von Grenzwerten können dann entstehen, wenn Geräte ungenügend abgeschirmt sind, wenn Anwender die Geräte nicht vorschriftsgemäss einsetzen oder wenn die den Normen zu Grunde liegenden Betriebsszenarien nicht der üblichen Anwendung der Geräte entsprechen.

In Gastroküchen halten sich Köchinnen und Köche in der Regel sehr nahe vor dem Induktionskochherd auf, so dass sie stärkeren Feldern ausgesetzt sind. Eine im Auftrag des Bundesamtes für Gesundheit (BAG) durchgeführte Studie hat diese Felder bei leistungsschwächeren Induktionskochherden (max. 3 kW) für Haushaltsküchen gemessen [1]. Laut Studie sind die Personen am Kochherd dann stark belastet, wenn sie sehr nahe am Herd stehen oder wenn sie mit ungeeigneten, zu kleinen oder nicht zentriert auf den Kochfeldern stehenden Pfannen kochen.

Ein Konferenzbeitrag [3] deutet darauf hin, dass die magnetischen Streufelder die Arbeitsplatzgrenzwerte übersteigen können. Da die Grösse dieser Felder bis anhin nicht genügend bekannt war, hat sich die vorliegende Studie folgende Ziele gesetzt:

- Messung der Magnetfelder an Arbeitsplätzen vor Induktionskochherden und anderen induktiven Anwendungen wie Warmhalteeinrichtungen, Reiskocher oder Woks in verschiedenen Abständen zu den Geräten
- Berechnung der durch die Magnetfelder erzeugten Ströme im Körper von Personen, welche direkt vor dem Induktionskochherd stehen.
- Bestimmung der Aufenthaltsdauer von Köchinnen und Köchen für definierte Abstände zu den Induktionskochherden.
- Bewertung der Gesundheitsrisiken auf Grund der Magnetfelder, der Körperströme, der Arbeitsposition, der bestehenden Arbeitsplatzgrenzwerte und der arbeitsgesetzlichen Anforderungen.



- Bewertung möglicher Gesundheitsrisiken für besonders empfindliche Personengruppen³ gemäss Arbeitsgesetz (siehe Kap. 4). Diese umfasst:
 - Schwangere Frauen
 - Ungeborene Kinder
 - Personen mit AIMD (z.B. Herzschrittmacher)
 - Personen mit Piercings im Körperrumpf (Bauch, Becken, Hüfte)⁴

Aus den gewonnenen Erkenntnissen sollen für die Hersteller und Normenverantwortlichen konkrete Empfehlungen zur Verbesserung der technischen Schutzmassnahmen wie auch Messempfehlungen für die effiziente Überprüfung der Magnetfeldabstrahlung von Induktionskochherden erarbeitet werden.

³ Eine weitere Risikogruppe sind Kinder und Jugendliche, deren Kopfhöhe auf Induktionskochfeldhöhe von 90 bis 110 cm liegt; diese Bevölkerungsgruppe untersteht jedoch nicht dem Arbeitnehmerschutz gemäss Arbeitsgesetz.

⁴ Metallteile erwärmen sich in starken 20kHz-Magnetfeldern.



3. GESUNDHEITLICHE WIRKUNGEN DER MAGNETISCHEN WECHSELFELDER

Die Weltgesundheitsorganisation WHO bewertete im Jahre 2007 die gesundheitlichen Wirkungen von mittelfrequenten Feldern [4]. Sie stellte dabei fest, dass im mittleren Frequenzbereich verhältnismässig wenige Studien vorhanden sind, die keine konsistenten Resultate zeigen, so dass eine gesundheitliche Risikobewertung nicht möglich war.

Laut WHO sind daher zusätzliche Studien in allen Forschungsbereichen (Tier-, Zell- und Studien an Menschen) sowie mehr Erkenntnisse über Expositionen von Geräten nötig, die im mittleren Frequenzbereich arbeiten. Die WHO erwähnt dabei explizit die Induktionskochherde, da bei diesen Geräten relativ starke Magnetfelder auftreten.

3.1 Akute gesundheitliche Wirkungen durch mittelfrequente Magnetfelder

Abb. 3-1 zeigt eine Übersicht über die bekannten nachgewiesenen akuten Wirkungen von elektromagnetischen Feldern. Die Referenzwerte für elektromagnetische Felder (1 Hz -100 GHz) für die Allgemeinbevölkerung sind in dieser Grafik ebenfalls dargestellt (siehe dazu Kap. 4.1).

Mittelfrequente Magnetfelder im Bereich einer Frequenz von ca. 20 kHz, wie sie beim Induktionskochherd auftreten, können den menschlichen Körper praktisch ungehindert durchdringen. Bei sehr starken Feldern kann dies zu Stimulationen (Erregungen) der Sinnes-, Nerven- und Muskelzellen führen. Die Einhaltung der Arbeitsplatzgrenzwerte der ICNIRP [15] verhindern solche akuten Effekte

In einer kürzlich veröffentlichten Studie von Kos et al. (2011) zu induzierten Magnetfeldern von Haushaltsinduktionskochherden bei Föten und Kindern wurde keine Überschreitung der Basisgrenzwerte für die Allgemeinbevölkerung ICNIRP98 General Public beobachtet [13] (siehe dazu Kap. 4.1). Diese Studie berücksichtigte bei den Modellierungen allerdings nur einen einzigen Induktionskochherd mit geringer Magnetfeldabstrahlung und eine limitierte Anzahl an Körpermodellen und Körperpositionen. Sie gibt keine Auskunft über die Distanzabhängigkeit der Feldstärken.

In den Schlussfolgerungen der Studie von Kos et al. wird im Falle von stärkeren Kochherden auf eine mögliche Überschreitung des Basisgrenzwerts für die Allgemeinbevölkerung gemäss «ICNIRP98 General Public» hingewiesen, wenn die Referenzgrenzwerte erreicht würden. Diese wichtige Aussage bleibt jedoch im Abstract unerwähnt.

Eine weitere akute Wirkung verursachen sogenannte Ableitströme in Personen, die die Metallteile der Pfanne berühren und dabei elektrisch nicht ausreichend gegen die Erde isoliert sind. Die Ableitströme können unter Umständen einen schwachen elektrischen Schlag auslösen (siehe dazu Kap.1.3).

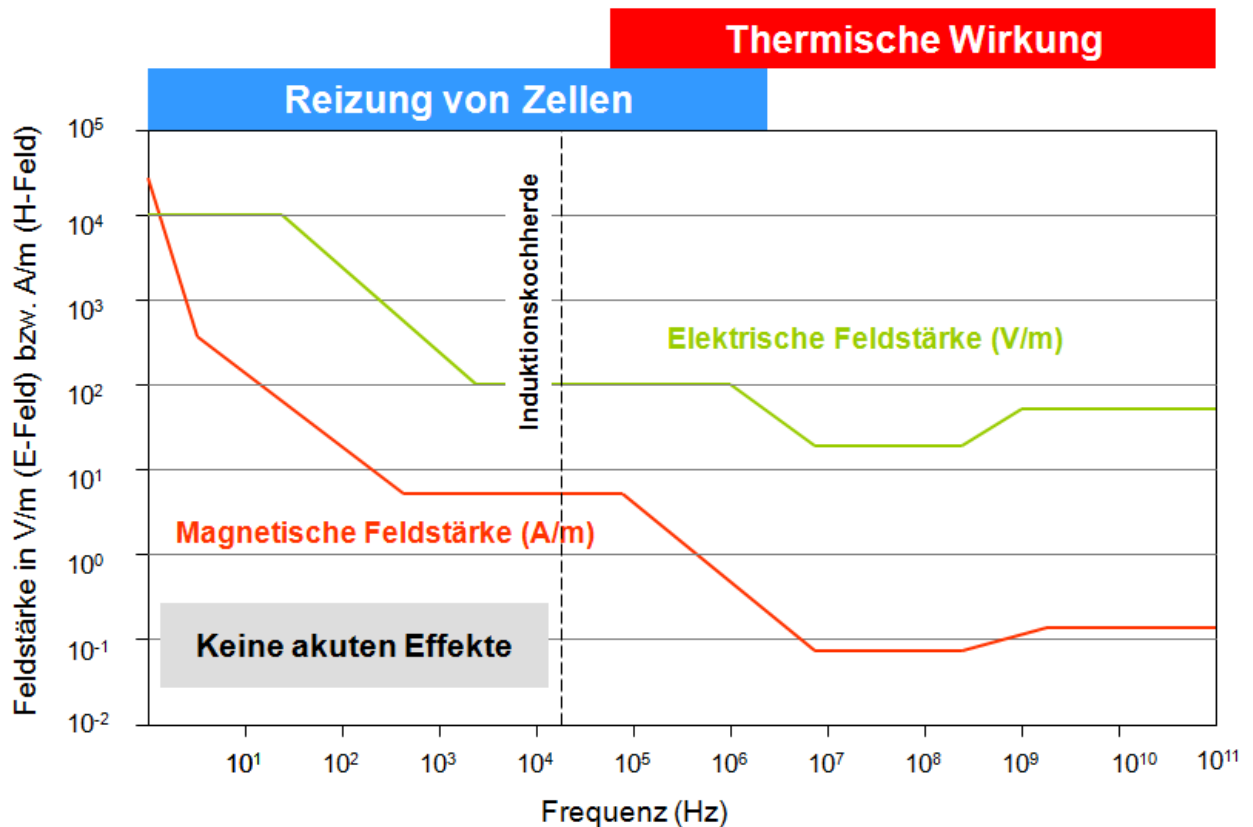


Abb. 3-1: Übersicht über gesicherte Wirkungen von elektromagnetischen Feldern. Referenzwerte für elektrische (grüne Kurve) und magnetische Felder (rote Kurve) für Frequenzen von(1 Hz -100 GHz. Quelle: angepasst durch BAG von «Elektromagnetische Felder im Alltag»

3.2 Indirekte gesundheitliche Wirkungen durch Störungen medizinischer Implantate

Unter dem Begriff AIMD werden alle Implantate zusammengefasst, die über eine eigene Stromquelle verfügen und mit deren Hilfe die Körperfunktionen beeinflusst bzw. gesteuert werden (Abb. 3-2). Starke Magnetfelder können AIMD stören und damit die Gesundheit akut gefährden. Einen Überblick über AIMD und gesundheitliche Risiken durch elektromagnetische Felder vermitteln zwei Suva-Informationen [5] [6].

Bisherige Studien zur elektromagnetischen Verträglichkeit von Implantaten fokussieren sich hauptsächlich auf Interferenzen zwischen elektromagnetischen Feldern und Herzschrittma-

chern (HSM, Pacemaker) und ICD⁵. HSM und ICD sind zahlenmässig am meisten verbreitet, so dass mögliche Auswirkungen von Interaktionen hier besonders zu beachten sind.

Zu den aktiven medizinischen Implantaten zählen auch Infusionspumpen für Insulin, Cochlea-Implantate⁶, Magen- und Blasenstimulatoren sowie Stimulatoren von Nerven und Muskeln. Die Liste ist nicht abschliessend und die Art der Implantate wird aufgrund der medizinischen Fortschritte weiter zunehmen. Die Datenlage zur elektromagnetischen Verträglichkeit dieser Implantate ist im Vergleich zu derjenigen von HSM und ICD jedoch gering.

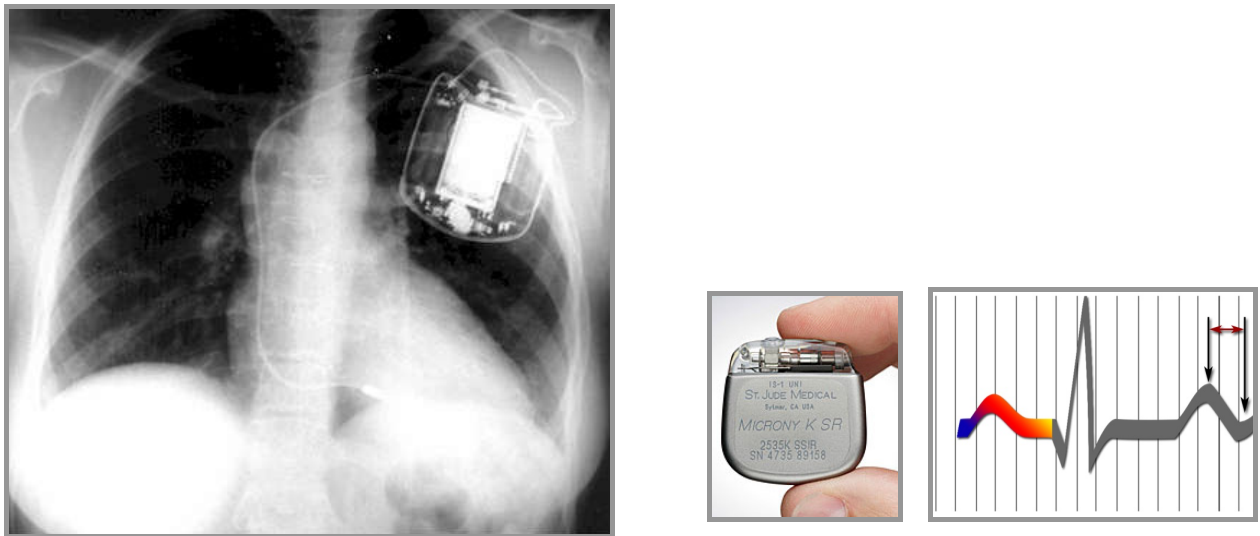


Abb. 3-2: Thoraxröntgenbild mit ICD und HSM, Quelle: Suva [5]

Am Beispiel des Herzschrittmachers (HSM) soll nachfolgend das Störrisiko kurz erläutert werden. Wenn äussere Felder ähnliche Signalstärken und Frequenzen wie das körpereigene Herzsignal erzeugen, ist es möglich, dass der HSM fehlerhaft reagiert. Moderne Systeme vermeiden solche Fehlfunktionen nach Möglichkeit. Trotzdem besteht die Gefahr, dass Implantate entweder zu wenige oder zu viele Impulse abgeben und das Herz unrythmisch zu langsam (Bradyarrhythmie) oder zu schnell (Tachyarrhythmie) schlägt. Es treten Schwindel und Bewusstlosigkeit auf, im schlimmsten Fall kann der Tod eintreten.

Die Bauweise des HSM beeinflusst die elektromagnetische Störfestigkeit:

- Bei bipolaren Herzschrittmachern [8], [9] befinden sich beide Pole (Kathode und Anode) im Abstand von wenigen Millimetern im vorderen Abschnitt der Sonde im Herzen.
- Bei unipolaren Herzschrittmachern [7] enthält die Sonde nur eine stimulierende Elektrode (die Kathode), während das Gehäuse des Herzschrittmachers als Anode dient. Unipolare

⁵ ICD = Implantierter Defibrillator, siehe http://de.wikipedia.org/wiki/Implantierbarer_Kardioverter-Defibrillator

⁶ Hörprothese für Gehörlose, deren Hörnerv noch funktioniert; <http://de.wikipedia.org/wiki/Cochleaimplantat>



HSM sind deutlich stöempfindlicher als bipolare HSM und ICD. Heutzutage liegt der Prozentanteil implantierter unipolarer HSM unter 1%.

Ableitströme können für Personen mit HSM eine gesundheitliche Gefährdung darstellen. HSM, die im unipolaren Modus arbeiten, sind besonders stöempfindlich. Bipolare Systeme sind dagegen elektromagnetisch verträglicher und kaum betroffen (weitere Informationen → Kap. 4.3.2).

3.3 Längerfristige gesundheitliche Wirkungen durch mittelfrequente Magnetfelder

Es existieren keine Studien, die längerfristige gesundheitliche Wirkungen der EMF von Induktionskochherden auf Menschen untersucht haben. Es gibt aber Studien, die den Zusammenhang zwischen der Exposition durch mittelfrequente elektromagnetische Felder, vor allem von Röhren-Computerbildschirmen⁷ und Gesundheit untersucht haben. Viele dieser Studien untersuchten die Entwicklung der Föten im Mutterleib sowie die Fehlgeburtenrate von Frauen [10], die während der Schwangerschaft an Computerbildschirmen arbeiteten. Zusammenfassend gibt es keine gesicherten Beweise, dass Computerbildschirme Schwangerschaften negativ beeinflussen. Auswirkungen von mittelfrequenten Feldern auf die Entstehung von Krebs und auf das Nervensystem sind bis jetzt gar nicht oder nur sehr ungenügend erforscht. Inwieweit die Resultate dieser Untersuchungen auf Induktionskochherde übertragbar sind, lässt sich nicht beurteilen, da Bildschirme sowohl in Bezug auf die Strahlung, als auch bezüglich der Grösse der Magnetfelder und dem Strahlungsmuster auf den Körper eine andere Charakteristik aufweisen (z.B. Strahlkegelform).

Einige Tierexperimente haben mögliche Auswirkungen pränataler Expositionen durch mittelfrequente Felder auf befruchtete Eier oder Tierembryonen (ungeborenes Tier in frühem Entwicklungszustand) untersucht. Die meisten Studien fanden keine Effekte. Allerdings wurden eher niedrige Feldstärken eingesetzt. Für die meisten Tierexperimente wurden sogenannte Sägezahn-Felder mit einer Frequenz von etwa 20 kHz verwendet, wie sie auch bei Bildschirmen auftreten. Die Signalform entspricht nicht den Signalformen der Induktionskochherde.

Studien, die eine mögliche Veränderung des Erbguts durch mittelfrequente Magnetfelder untersuchten, sind relativ selten. Zwei Studien [11] [12], die die Auswirkungen magnetischer Felder von Induktionskochherden auf das Erbgut untersucht haben, fanden keine entsprechenden Schädigungen.

⁷ Flachbildschirme auf LCD-Basis haben keine EMF-Emissionen



Schlussfolgerungen

Zum heutigen Zeitpunkt reicht die Datenlage nicht aus, um die Risiken von mittelfrequenten elektromagnetischen Feldern abschliessend zu bewerten. Chronische Effekte bzw. Langzeitauswirkungen müssen wegen fehlender Gesundheitsdaten noch genauer untersucht werden. Für schwangere Frauen sowie Träger von aktiven medizinischen Implantaten wie «HSM» und «ICD» kann eine Gefährdung nicht ausgeschlossen werden. Aus diesen Überlegungen sind die Grenzwerte vorsorglich einzuhalten.



4. GRENZWERTE UND GESETZLICHE BESTIMMUNGEN (EMF)

4.1 Aktuelle Grenzwertempfehlungen der ICNIRP98

Die International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) ist eine unabhängige, von der WHO und der Europäischen Union anerkannte wissenschaftliche Kommission. Sie analysiert und bewertet die gesundheitlichen Auswirkungen elektromagnetischer Felder und gibt Grenzwertempfehlungen ab.

Die Grenzwertempfehlungen der ICNIRP von 1998 [15] basieren auf wissenschaftlich nachgewiesenen akuten gesundheitlichen Wirkungen, die dann auftreten, wenn die elektrischen und magnetischen Felder eine bestimmte Grösse (Schwellenwert) überschreiten.

Die Resultate der Studien zu möglichen Langzeitwirkungen sind in den Empfehlungen nicht berücksichtigt, da die aktuelle Datenlage von der ICNIRP als ungenügend betrachtet wird.

Die ICNIRP empfiehlt unterschiedliche Grenzwerte für die Allgemeinbevölkerung und für beruflich exponierte Personen. Grenzwerte für die berufliche Exposition werden als Arbeitsplatzgrenzwerte bezeichnet. Diese schützen gesunde Erwachsene bei ihrer Arbeit, bei der sie sich unter bekannten Bedingungen exponieren, sich der eventuellen Gefahr bewusst sind und entsprechende Vorsichtsmassnahmen ergreifen. Die zulässige berufliche Exposition liegt um einen Faktor 10 unterhalb des Schwellenwertes für bekannte akute Wirkungen.

Die ICNIRP macht keine Aussagen über Grenzwerte für schwangere Arbeitnehmerinnen.

Die Referenzwerte für die Allgemeinbevölkerung sind 5-fach strenger als die Arbeitsplatzgrenzwerte, da sie sich auf Personen jeglichen Alters mit unterschiedlichem Gesundheitszustand beziehen und besonders empfindliche Individuen einschliessen sollen. Die Allgemeinbevölkerung ist sich vielfach der Exposition nicht bewusst und kann nicht von vornherein Vorkehrungen treffen, um die Exposition zu verringern oder zu vermeiden. Die zulässige Exposition für die Allgemeinbevölkerung liegt demzufolge um einen Faktor 50 unterhalb des Schwellenwertes für bekannte akute Wirkungen.

Die ICNIRP teilt ihre Empfehlungen ferner in sogenannte gesundheitsbezogene Basisgrenzwerte und in abgeleitete Referenzwerte auf:

Basisgrenzwerte

Basisgrösse im niederfrequenten Frequenzbereich zwischen 1 Hz und 10 MHz ist die Stromdichte, die den Stromfluss (A) pro Querschnitt (m²) beschreibt. Der Basisgrenzwert verhindert,



dass dieser Stromfluss akute Auswirkungen auf die Funktionen des Nervensystems hervorrufen kann.

Die spezifische Absorptionsrate (SAR-Wert) ist die Basisgrösse im hochfrequenten Bereich zwischen 100 kHz und 10 GHz. Sie gibt an, wie viel Strahlungsleistung (Watt) der menschliche Körper pro Kilo Körpergewicht aufnimmt. Der Basisgrenzwert verhindert eine zu grosse Wärmebelastung des ganzen Körpers und eine übermässige lokale Gewebeerwärmung. Die Basisgrenzwerte sind von der Frequenz abhängig (Tab. 4-1).

Induktionskochherde arbeiten im Frequenzbereich von 10-100 kHz. Somit ist die Stromdichte die relevante Basisgrösse. Die Basisgrenzwerte liegen zwischen 40 und 200 mA/m² für die Allgemeinbevölkerung und zwischen 200 und 1000 mA/m² für berufliche Expositionen.

Frequenz f (Hertz, Hz)	Stromdichte für Kopf und Rumpf [mA/m ²]	SAR Ganzkörper [W/kg]	SAR Kopf und Rumpf [W/10g]	SAR Gliedmassen [W/10g]
Basisgrenzwerte für die Allgemeinbevölkerung – ICNIRP98 General Public				
1–100 kHz	f / 500	-	-	-
0,1–10 MHz	f / 500	0.08	0.02	0.04
Basisgrenzwerte für berufliche Expositionen – ICNIRP98 Occupational				
1–100 kHz	f / 100	-	-	-
0,1–10 MHz	f / 100	0.4	0.1	0.2

Tab. 4-1: Ausschnitt ICNIRP98: Basisgrenzwerte für die Allgemeinbevölkerung und für berufliche Expositionen im Frequenzbereich 1 kHz bis 10 MHz (Frequenz f in Hertz).

Referenzwerte – Grenzwerte für die Praxis

Basisgrössen wie z.B. die Stromdichte lassen sich im Körper nur schwer messen. Deshalb hat die ICNIRP sogenannte Referenzwerte definiert, die in Abwesenheit des Körpers als Stärke des elektrischen oder magnetischen Feldes messbar sind. In der Liste «Grenzwerte am Arbeitsplatz» (Suva, Best. Nr. 1903) sind die Referenzwerte nach ICNIRP98 Occupational aufgeführt.

Referenzwerte sind insbesondere dann aussagekräftig, wenn der ganze Körper gleichmässig exponiert ist. Trifft dies nicht zu, müssen die einzelnen Teilkörperexpositionen über den ganzen Körper gemittelt und mit dem Referenzwert verglichen werden.

Solange die Magnetfelder die Referenzwerte nicht überschreiten, sind auch die Basisgrenzwerte eingehalten. Falls Expositionen elektrischer Geräte die Referenzwerte überschreiten, sind die Basisgrössen und die dazugehörigen Basisgrenzwerte relevant. Bei Induktionskochherden ist die magnetische Feldkomponente gesundheitlich relevant.



Die für Induktionskochherde bedeutsamen frequenzabhängigen Referenzwerte ändern gemäss Tab. 4-2 bei 65 kHz:

Frequenz f [Hertz, Hz]	elektrische Feldstärke [V/m]	magnetische Feldstärke [A/m]	magnetische Flussdichte [μ T]	Mittlungsdauer [Min]
Referenzwerte für die Allgemeinbevölkerung – ICNIRP98 General Public				
3–100 kHz	87	5	6,25	-
100–150 kHz	87	5	6,25	6
0.15 – 1 MHz	87	0,73 / f	0,92 / f	6
Referenzwerte für berufliche Expositionen – ICNIRP98 Occupational = Arbeitsplatzgrenzwerte (Suva, Best. Nr. 1903)				
0,82–65 kHz	610	24.4	30.7	-
0,065–0.1 MHz	610	1.6 / f	2.0 / f	-
0,1–1 MHz	610	1.6 / f	2.0 / f	6

Tab. 4-2: Ausschnitt der ICNIRP-Grenzwertempfehlungen für die Allgemeinbevölkerung und berufliche Expositionen im Frequenzbereich von 0.82 kHz bis 1 MHz. Anmerkung: f wie in der Frequenzbereichs-Spalte wiedergegeben; in Rot: massgebender Frequenzbereich für Induktionskochsysteme.

4.2 Grenzwertempfehlungen ICNIRP(2010)

Im Dezember 2010 hat die ICNIRP eine Empfehlung für die Begrenzung der Exposition gegenüber niederfrequenten elektrischen und magnetischen Wechselfeldern im Frequenzbereich von 1 Hz bis 100 kHz veröffentlicht [15]. Die Basisgrenzwerte und die Referenzwerte wurden an die aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse angepasst. Nachfolgend die zur Diskussion stehenden Grenzwerte (volumengemittelt 2x2x2mm, RMS) im interessierenden Frequenzbereich für Induktionskochherde (Tab. 4-3):

Frequenz f [Hertz, Hz]	elektrische Feldstärke [V/m]	magnetische Feldstärke [A/m]	magnetische Flussdichte [μ T]	Mittlung
Referenzwerte für die Allgemeinbevölkerung – ICNIRP(2010) General Public				
3 kHz–10 MHz	83	21	27	rms
Referenzwerte für berufliche Expositionen – ICNIRP(2010) Occupational				
3 kHz–10 MHz	170	80	100	rms

Tab. 4-3: ICNIRP(2010): Ausschnitt aus den vorgeschlagenen Grenzwertempfehlungen für Allgemeinbevölkerung und berufliche Exposition im niederfrequenten Bereich 3 kHz bis 100 kHz [16]

Ob die neue Empfehlungen gemäss Entwurf ICNIRP(2010) von der Schweiz in den kommenden Jahren teilweise oder vollumfänglich übernommen werden, kann heute nicht beantwortet werden. Änderungen wären möglich bei:



- Arbeitsplatzgrenzwerte⁸
- Immissionsgrenzwerte für die Allgemeinbevölkerung⁹

4.3 EMF-Grenzwerte und gesetzliche Bestimmungen in der Schweiz

4.3.1 Grenzwerte für Arbeitsplätze

Der Arbeitnehmerschutz in der Schweiz ist vorwiegend in zwei Gesetzgebungen geregelt. Während das Arbeitsgesetz die Vorschriften über den allgemeinen Gesundheitsschutz regelt, steht beim Bundesgesetz über die Unfallversicherung (UVG) die Arbeitssicherheit und die Verhütung von Berufskrankheiten im Vordergrund. Berufskrankheiten sind Krankheiten, die bei der beruflichen Tätigkeit ausschliesslich oder stark überwiegend als Folge bestimmter betriebsinterner Arbeiten oder schädigender Stoffe auftreten. Als Berufskrankheiten gelten unter anderem auch Erkrankungen durch nichtionisierende Strahlen, zu denen auch die elektromagnetischen Felder gehören (aufgeführt im Anhang der UVV «Berufskrankheitenliste»), insofern die Exposition berufsbezogen ist.

Die Vorschriften über die Verhütung von Berufsunfällen und Berufskrankheiten gelten für alle Betriebe, die in der Schweiz Arbeitnehmende beschäftigen. Die Betriebe sind verpflichtet, alle Massnahmen zu treffen, die erfahrungsgemäss notwendig, nach dem Stand der Technik anwendbar und den gegebenen Verhältnissen angemessen sind, um die Gesundheit der Arbeitnehmenden zu schützen.

Diese Anforderungen werden in der Verordnung über die Unfallverhütung (VUV) eingehend geregelt. Es dürfen insbesondere nur Arbeitsmittel eingesetzt werden, die bestimmungsgemäss verwendet und die gebotene Sorgfalt beachtend, die Sicherheit und die Gesundheit der Arbeitnehmenden nicht gefährden. Diese Anforderung gilt insbesondere dann als erfüllt, wenn das Arbeitsmittel die massgebenden Erlasse für das Inverkehrbringen einhält.

Falls mögliche gesundheitsgefährdende nichtionisierende Strahlen auftreten, müssen die Betriebe entsprechende Schutzmassnahmen treffen. Die Schweizerische Unfallversicherung SUVA hat zu diesem Zweck sogenannte Grenzwerte für physikalische Einwirkungen erlassen (gestützt auf VUV, Art. 50 Abs. 3, in der Suva Publikation 1903, "Grenzwerte am Arbeitsplatz"), die den Schutz vor elektromagnetischen Feldern abdecken.

⁸ Erlassen von der Suva gemäss Art. 50 Abs. 3 der Verordnung des Bundesrates vom 19. Dezember 1983 über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten, Stand Juli 2010.

⁹ Verordnung vom 23. Dezember 1999 über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV), Stand September 2009.



Die Arbeitsplatzgrenzwerte für elektromagnetische Felder gelten für Situationen, in welchen der ganze Körper einem elektromagnetischen Feld ausgesetzt ist, und entsprechen den Grenzwerten für berufliche Exposition der ICNIRP. Sie sind auch im Falle von EMF beim Induktionskochen zu jedem Zeitpunkt einzuhalten.

Nach dem Arbeitsgesetz sind die Betriebe verpflichtet, alle Massnahmen zu treffen, die erfahrungsgemäss notwendig, nach dem Stand der Technik anwendbar und den gegebenen Verhältnissen angemessen sind, um die Gesundheit der Arbeitnehmenden zu schützen. Es wurden keine Grenzwerte gesetzt.

Laut EKAS-Richtlinie Nr. 6508 "Richtlinie über den Beizug von Arbeitsärzten und anderen Spezialisten der Arbeitssicherheit (ASA-Richtlinie)" gehören die elektromagnetischen Felder zu den besonderen Gefahren, die der Betrieb mit Hilfe von Spezialisten der Arbeitssicherheit bewerten muss. Für diese Bewertung wurde bisher der Normenentwurf DIN VDE 0848-3-1 «Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern» (Mai 2002) verwendet.

Seit April 2010 existiert die Schweizer Norm SN EN 50527-1¹⁰, welche den bisherigen Normenentwurf VDE 0848-3-1 aus dem Jahre 2002 ersetzt. Die VDE-Bewertungen sind mit der neuen Norm weitgehend kompatibel und weiterhin gültig.

4.3.2 AIMD: Normen und zulässige Spitzenfeldstärken

Wenn starke elektromagnetische Felder auf aktive medizinische Implantate einwirken, können Störungen (Interferenzen) auftreten. Diese können gesundheitliche Auswirkungen zur Folge haben. Deshalb müssen die elektrischen und magnetischen Felder an Arbeitsplätzen gefährdeter Personen begrenzt sein.

Gemäss der Norm SN EN 50527 [17] sind Personen mit AIMD nicht gefährdet, wenn die Felder der elektrischen Geräte und Anwendungen am Arbeitsplatz die zulässigen Spitzenfeldstärken¹¹ (Tab. 4-4) einhalten. Die Spitzenfeldstärken für AIMD liegen bei 20kHz-Magnetfeldern oberhalb des Referenzwertes für die Allgemeinbevölkerung und unterhalb des Arbeitsplatzgrenzwertes (Tab. 4-2).

Geräte und Anlagen müssen die Vorschriften der Norm erfüllen. Induktionskochherde sind in der Norm nicht spezifisch aufgeführt. Laut Norm müssen Personen an Arbeitsplätzen, die die Vorschriften der Norm nicht erfüllen, spezifische Sicherheitsinformationen erhalten. Falls sie

¹⁰ Die Norm SN EN 50527-1 [17] entspricht bis auf das Vorwort der Norm DIN EN 50527-1:2010 (D)

¹¹ EU-Ratsempfehlung 1999/519/EG

von ärztlicher Seite eine Warnung erhalten haben oder ihr Implantat bereits anderweitig elektromagnetisch beeinflusst wurde, muss das Risiko detailliert analysiert werden.

Die Arbeitsplatzgrenzwerte und die zulässigen Spitzenfeldstärken für Herzschrittmacher mit eingeschränkter Störfestigkeit in μT für Magnetfelder beim Induktionskochen sind in Tab. 4-4 bzw. in Abb. 4-1 (gesamter Frequenzbereich) zusammengestellt.

Für Induktionskochherde massgebende Frequenzbereiche in kHz	Arbeitsplatzgrenzwerte gemäss Suva Mikrottesla (μT)	Spitzenfeldstärke SN EN 50'527-1: 2010 Mikrottesla (μT)
1 ... 65 kHz	30.7	8.8
65 ... 100 kHz	30.7 ... 20.0	8.8



Tab. 4-4: Für Induktionskochherde massgebende Frequenzen, Grenzwerte und Spitzenfeldstärken.

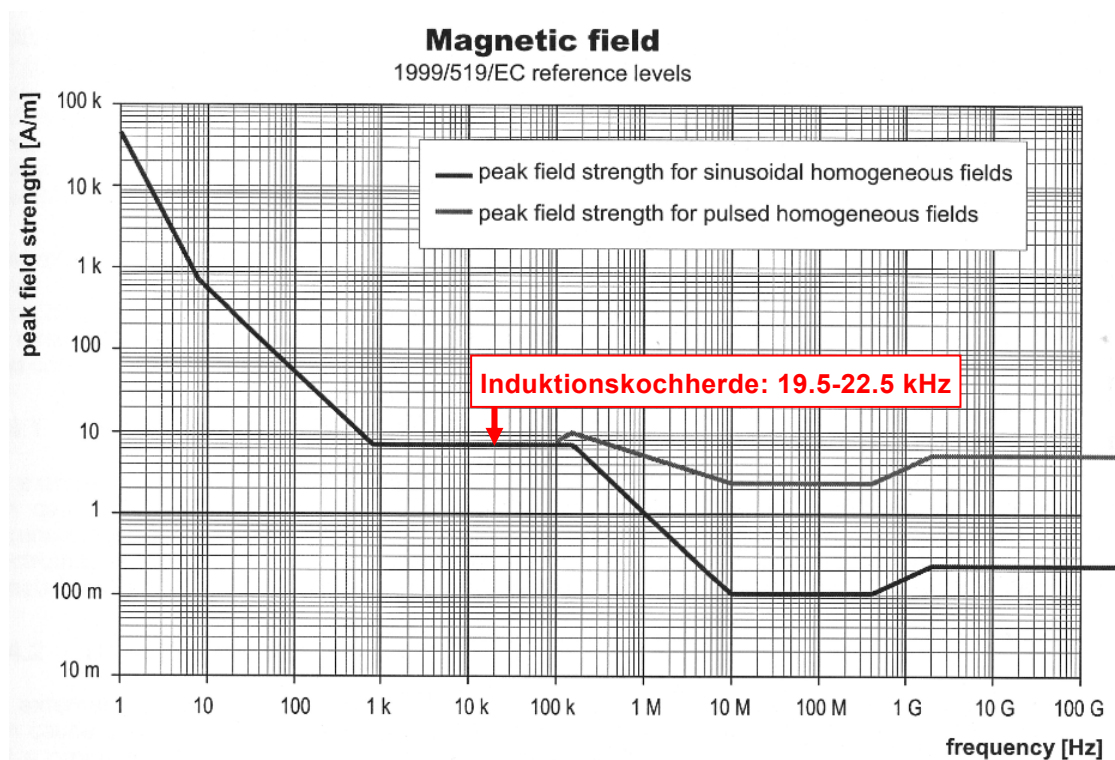


Abb. 4-1: Zulässige Spitzenfeldstärke für Herzschrittmacher gemäss SN EN 50527-1:2010

Gemäss einem Factsheet der Suva [5] ist bei Arbeitnehmenden mit AIMD, die an Arbeitsplätzen bekannten hohen elektromagnetischen Feldern ausgesetzt sind, eine individuelle Risiko- beurteilung vorzunehmen. Diese beinhaltet eine technische und medizinische Beurteilung.



Dazu sollen Spezialisten¹² einbezogen werden, welche die Angaben des Implantat-Herstellers und des Kardiologen zu berücksichtigen haben:

- Falls ein Interferenzrisiko mit aktiven medizinischen Implantaten nicht ausgeschlossen werden kann, sind technische und organisatorische Massnahmen zu evaluieren.
- Arbeitnehmende sollen vom Arbeitgeber im Falle von erhöhten elektromagnetischen Feldern am Arbeitsplatz über mögliche Risiken für Träger von HSM, ICD und anderen aktiven medizinischen Implantaten, rechtzeitig informiert und instruiert werden.
- Vor einem geplanten operativen Eingriff soll der Kardiologe über die elektromagnetischen Arbeitsplatzbedingungen informiert werden, damit diese bei der Wahl des Typs, der Lokalisation und der Programmierung des Implantates nach Möglichkeit berücksichtigt werden können.

4.3.3 Bestimmungen und Grundsätze für schwangere Frauen¹³

Bisher wurden bezüglich EMF-Exposition für schwangere Arbeitnehmerinnen keine besonderen Grenzwerte definiert. Auch in der Mutterschutzverordnung fehlt ein Hinweis auf Arbeiten unter Einwirkung nichtionisierender Strahlung. Es gelten die allgemeinen Bestimmungen bezüglich dem Schutz der schwangeren Arbeitnehmerin: gemäss Artikel 35 ArG¹⁴ hat der Arbeitgeber schwangere Frauen so zu beschäftigen, dass ihre Gesundheit und die Gesundheit des Kindes nicht beeinträchtigt werden. Er darf schwangere Frauen zu gefährlichen und beschwerlichen Arbeiten - darunter fallen namentlich Arbeiten unter Einwirkung schädlicher Strahlen (Art. 62 Abs. 3 lit.f ArGV 1¹⁵) - nur dann beschäftigen, wenn auf Grund einer Risiko-beurteilung feststeht, dass dabei keine gesundheitliche Belastung für Mutter und Kind vorliegt, oder wenn eine solche durch geeignete Schutzmassnahmen ausgeschlossen werden kann. Die konsequente Einhaltung der massgebenden Grenzwerte gilt als Schutzmassnahme.

¹² Siehe EKAS-Richtlinie Nr. 6508 "Richtlinie über den Beizug von Arbeitsärzten und anderen Spezialisten der Arbeitssicherheit (ASA-Richtlinie)

¹³ Die Europäische Richtlinie 2004/40/EG fordert, dass der Arbeitgeber besonders gefährdete Arbeitnehmende berücksichtigt. Darunter fallen nach Anhang A der Norm SN EN 50499 [18] auch schwangere Arbeitnehmerinnen. Die Europäische Richtlinie 92/85/EWG¹³ legt dem Arbeitgeber die Verpflichtung auf, jedes besondere Risiko durch die Exposition von schwangeren Arbeitnehmerinnen im Einzelnen und insbesondere die Exposition gegenüber nichtionisierender Strahlung (die elektromagnetische Felder einschliesst) zu beurteilen, um zu entscheiden, welche Massnahmen, einschliesslich der Versetzung der betroffenen Arbeitnehmerinnen oder der Erlaubnis zum Verlassen des Bereichs, ergriffen werden sollten.

¹⁴ SR 822.11 Bundesgesetz vom 13. März 1964 über die Arbeit in Industrie, Gewerbe und Handel (Arbeitsgesetz, ArG)

¹⁵ SR 822.111 Verordnung 1 vom 10. Mai 2000 zum Arbeitsgesetz (ArGV 1)



Nebst der Veranlassung einer Risikobeurteilung ist der Arbeitgeber verpflichtet, dafür zu sorgen, dass Frauen über die mit der Schwangerschaft in Zusammenhang stehenden Gefahren und Massnahmen rechtzeitig, umfassend und angemessen informiert werden.

Die schweizerische Gesetzgebung macht keine Angaben darüber, ob für Föten schwangerer Arbeitnehmerinnen die Arbeitsplatzgrenzwerte (Suva) oder die 5-fach strengeren Referenzwerte für die Allgemeinbevölkerung (ICNIRP98 General Public) gelten. Deshalb werden die Resultate für schwangere Frauen und die Föten auf beide Grenzwerte bezogen.

4.4 Normen für professionelle Induktionskochherde

4.4.1 Norm SN EN 50499 (anwendbar auf professionelle Induktionskochherde)

Die professionellen Induktionskochherde für die Gastronomie sind in der Norm SN EN 50499 [18] erwähnt. Diese stellt ein Hilfsmittel dar, um die elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder an Arbeitsplätzen mit den Referenzwerten der ICNIRP98 zu vergleichen. Die Norm führt kompatible Geräte und Anlagen auf (kompatibel = CE-Kennzeichnung). Sie vermerkt bei den professionell verwendeten induktiven Kochgeräten, dass diese eine weitere Beurteilung erfordern können. Arbeitsplätze mit nichtkompatiblen Geräten und Anlagen müssen unter üblichen Betriebsbedingungen beurteilt werden (Norm → Kap. 4.2), das heisst

- an der üblichen Position des Bedienungspersonals
- bei der vorgesehenen Verwendung oder der Verwendung, wie sie in den Anweisungen des Arbeitgebers an die Arbeitnehmer festgelegt ist
- bei vorsehbaren Zwischenfällen und Fehlanwendungen (z.B. wenn der Körper sehr nahe zum Induktionskochfeld gebracht wird → Kap. 8.7).

Die Norm SN EN 50499 [18] beschreibt keine besonderen Massnahmen für schwangere Arbeitnehmerinnen, sondern verweist auf die europäische Richtlinie 92/85/EWG¹⁶.

¹⁶ Richtlinie 92/85/EWG des Rates v. 19.10.92 über die Durchführung von Massnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes von schwangeren Arbeitnehmerinnen, Wöchnerinnen und Stillenden am Arbeitsplatz



4.4.2 Andere Normen (nicht anwendbar auf professionelle Induktionskochherde)

Norm SN EN 62233 bzw. IEC 62233

Laut Marktüberwachung des Eidgenössischen Starkstrominspektorates¹⁷ (ESTI) wird für private und professionelle Induktionskochherde die Konformitätserklärung der elektrischen Sicherheit nach EN 60335, darin enthalten für die EMF die SN EN 62233 respektive IEC 62233 verlangt. Die Electrosuisse prüft die Erzeugnisse nach den Methoden in dieser Normen. Die Norm SN EN 62233 gilt für private Induktionskochherde und andere elektrische Haushaltgeräte, jedoch nicht für professionelle Induktionskochherde.

Norm SN EN 12198

Für gewerbliche und industrielle Anlagen und Geräte ohne CE-Konformität sind die Empfehlungen der Norm EN 12198 umzusetzen. Die Suva verwendet die Norm EN 12198 für Maschinen und Anlagen (Kriterien: Messdistanz 25cm, mehrere Risikoklassen 0-1-2). Die Norm spielt auch eine Rolle für den Beizug von Spezialisten der Arbeitssicherheit gemäss ASA-Richtlinie (RL-6508). Für Induktionskochherde welche konform zu den relevanten Produktnormen sind und ein CE-Zeichen tragen dürfen, ist die Norm EN 12198 nicht anwendbar. Zuständig für die Auswahl der relevanten Normen ist das Bundesamt für Energie.

4.5 Zuständige Kontroll-Behörden für EMF bei Geräten und an Arbeitsplätz

4.5.1 EMF von Geräten

Das eidgenössisches Starkstrominspektorat ESTI ist zuständig für die Marktüberwachung von elektrischen Geräten, wie z.B. von Induktionskochherden (siehe hierzu kritische Anmerkung zur Norm SN EN 62'233 in Kap. 10).

4.5.2 EMF an Arbeitsplätzen

Arbeitnehmende an Induktionskochherden unterstehen der VUV. Die Suva erlässt entsprechende Vorschriften¹⁸ zum Schutz der Arbeitnehmenden vor EMF. Sie beaufsichtigt die Anwendung der Vorschriften und Richtlinien in den Betrieben. Es kommen die Arbeitsplatzgrenzwerte gemäss Art. 50b Abs. 3 der VUV zur Anwendung.

¹⁷ Gemäss Niederspannungsverordnung 17.

¹⁸ Gemäss Art. 50 der VUV.



4.5.3 EMF und Mutterschutz

Für schwangere Frauen und stillende Mütter gelten zusätzlich die Bestimmungen gemäss Arbeitsgesetz. Für den Vollzug sind die eidgenössischen und kantonalen Durchführungsorgane des Arbeitsgesetzes (ArG) zuständig.

4.5.4 Professionelle Induktionskochherde: Gesetze – Behörden – Zuständigkeiten

Das Zusammenspiel der verschiedenen Akteure in Bezug auf Induktionskochherde sowie die Rollenverteilungen und Verantwortungen der involvierten gesetzlichen Institutionen sowie die gesetzlichen Abstützungen sind in Tab. 4-5 zusammengefasst:

Personenschutz	Gesetz (Behörde)	Verordnung VO	Kriterium: Grenzwerte, Referenzwerte, Normen	Vollzugsorgane
Arbeitnehmende generell	UVG (BAG)	VUV	Grenzwerte am Arbeitsplatz (Suva Nr. 1903)	SUVA
Arbeitnehmende mit AIMD	UVG (BAG)	VUV	SN EN 50527-1 (AIMD)	SUVA
Schwangere Frauen am Arbeitsplatz	ArG (SECO)	- ArGV 1 - MuSchV	- Referenzwerte der ICNIRP für die Allgemeinbevölkerung (aktuell ICNIRP98) - SN EN 50499	Kantonale Arbeitsinspektionen (Oberaufsicht SECO) SECO (Bundespersonal)
Privat / Publikum	EleG (BFE)	NEV	SN EN 62233	ESTI
Alle	EleG (BFE)	NEV	SN EN 60335 und Unternormen (Ableitströme)	ESTI
Produktesicherheit	PRSG (SECO)			ESTI

Tab. 4-5: Professionelle Induktionskochherde: Gesetze –Behörden –Zuständigkeiten

4.6 Ergonomische Mindestanforderungen an Kocharbeitsplätzen gemäss Arbeitsgesetz

Die Verordnung 3 zum Arbeitsgesetz hält in Artikel 23 fest, dass Arbeitsplätze, Arbeitsgeräte und Hilfsmittel nach ergonomischen Gesichtspunkten zu gestalten sind und dass sie sachgerecht benutzt werden. In Artikel 24 wird weiter spezifiziert, dass sie so zu gestalten sind, dass in zwangloser Körperhaltung gearbeitet werden kann. Artikel 25 hält fest, dass für nicht vermeidbare manuelle Bewegungen von Lasten geeignete Arbeitsmittel zur Verfügung zu stellen sind, um die Gefährdung der Arbeitnehmenden möglichst gering zu halten. Zur Beurteilung einer eventuellen Gesundheitsgefährdung ist das Prüfmittel «Gesundheitsrisiken Bewegungsapparat» des SECO geeignet [20].



Das Prüfmittel legt Mindestanforderungen für Greifräume¹⁹ und Arbeitshöhen fest, falls Arbeitsplätze mehr als 2 Stunden pro Tag belegt sind. Für häufige Arbeiten soll der Greifraum innerhalb eines Radius von 40 cm vor dem Körper sein (Details siehe Seite 2 des Prüfmittels).

Falls oft schwere Töpfe (> 5 kg) während mehr als 4 Stunden pro Tag angehoben werden müssen, resultiert bei aufrechter Haltung eine hohe Belastung. Verlangt die Gestaltung des Arbeitsplatzes zudem eine leichte Beugung oder Drehung des Rückens, wird das Gesundheitsschutz-Kriterium überschritten und Massnahmen zu dessen Erfüllung sind erforderlich (zum Beispiel aufhängen der Töpfe an Schwenkarmen).

¹⁹ Über Armbewegungen aus den Schultern oder über Bewegungen des Unterarmes erreichbarer Greifraum.

5. METHODIK UND AUSWERTUNG

5.1 Messkonzept

Um die räumliche Ausbreitung des Magnetfeldes vor dem Induktionsherd zu beschreiben und um den Punkt der höchsten Magnetfeldstärke (Hotspot) zu finden, wurden Rastermessungen durchgeführt. Dazu wurde die Magnetfeldabstrahlung an 150 Punkten in zwei Abstandsebenen vor der Herdkante gemessen (Abb. 5-1). Die Ebenen repräsentieren aufrecht stehende virtuelle Personen. Die Messfläche der Ebene erstreckt sich über eine Höhe von 0.65 bis 1.75 m ab Boden und über eine Breite von 90 cm. Die Sondenhalterung besteht aus einer gelochten Schaumstoffplatte mit 150 Bohrungen und Lochabstand 90 mm in x- und y-Richtung. Sie ist für magnetische Felder durchlässig (magnetische Permeabilität $\mu_r \approx 1$).



Abb. 5-1: Beispiel einer Zonenmessung, virtuelle Ebene; Bsp.: Messung an der Herdkante mit der «Standard-Pfanne» von Spring

Das Messkonzept und die Pilotmessungen in einem Küchenbetrieb erfolgten im Rahmen einer Semesterarbeit am Departement D-UWIS der ETH Zürich²⁰.

Im Schema der Abb. 5-2 ist der Induktionskochherd von oben dargestellt mit den verwendeten Begriffen, Messanordnungen sowie den Messabständen und gemessenen Spulenarten.

²⁰ Marc Fessler, EMF-Messkonzept für Gastroinduktionskochherde, Semesterarbeit Dep. D-UWIS, ETHZ, 2009

Die Herdsysteme können bezüglich Leistung, Spulenart und Einbauverhältnisse stark variieren.

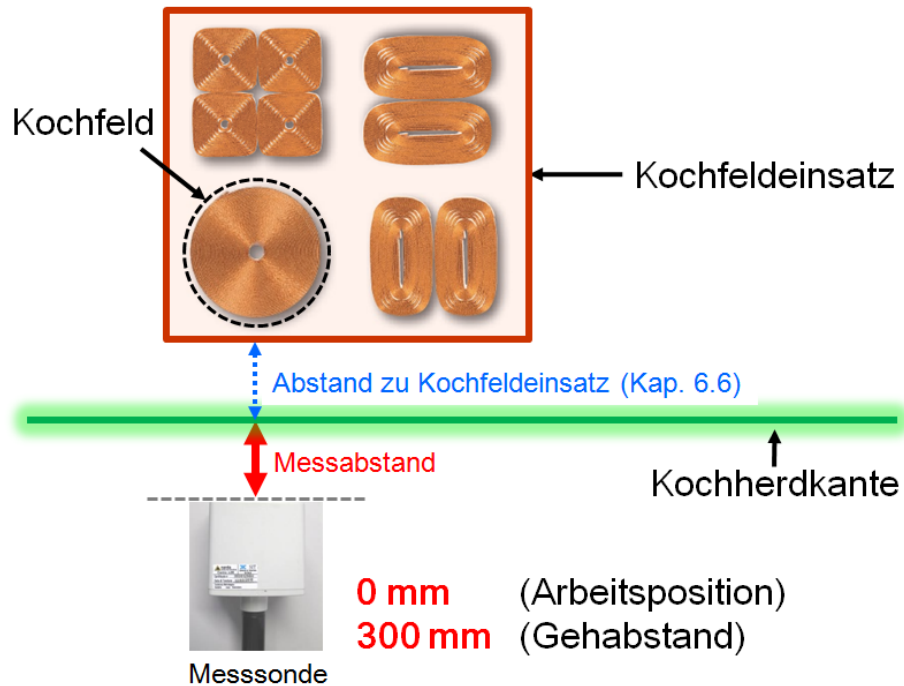


Abb. 5-2: Schema Kochherd, Spulenarten, Begriffe, Messabstände; Fotoillustrationen Spulen von MS®

Um standardisierte Messbedingungen zu gewährleisten, wurde eine hochwertige Induktionspfanne mit \varnothing 28 cm als «Standardpfanne» verwendet. Für die Untersuchung der Pfannenpositionen auf dem Kochfeld dienten zusätzlich eine kleinere hochwertige Pfanne (\varnothing 18 cm) sowie eine alte defekte Pfanne mit gewölbtem Boden (Abb. 5-3).



Abb. 5-3: «Alte Pfanne» mit defektem gewölbtem Boden (die Pfanne wurde irrtümlich auf Kochfeld stehen gelassen)



In Tab. 4-5 sind die Messbedingungen zusammengestellt:

Messung Kap. 5.2	Messgrösse:	Magnetische Flussdichte (μT , Mikrottesla)
	Frequenzbandbreite	9 kHz – 400 kHz (Scan)
	Messart	Freescan, Messmodus A Narda EHP-200; 1 Scan in xyz-Richtung + Summation; Sweeptime pro Scan ca. 17 Sek.
	Auflösungsbandbreite	RBW = 3 kHz (engl.: RBW = resolution bandwidth)
Prüfarten und -bedingungen (untersuchte Herdsysteme siehe Kap. 5.3)	Rastermessung (Zonenplots) Abb. 5-6	150 Messpunkte in einer 15 x 10 Messpunkte-Matrix. a) Ebene 1: 0 cm (übliche Aufenthaltsposition der Person = Praxis) b) Ebene 2: 30 cm (Gehabstand)
	Distanzmessreihen	0/50/100/150/200/250/300 mm Messabstand am Hotspot (Kap. 6.3)
	Wiederholbarkeit (Kap. 5.5)	50 Wiederholungen am Hotspot bei Herd #1
	Kochfeldart (Abb. 5-2): Induktionsspulensysteme	a) 1 Rundspule, b) 2-Spulen-Induktionskochfeld, c) flächendeckendes Grosskochfeld mit 4 Rechteckspulen, d) WOK, e) Induktionsgerät (mobil)
	Leistungsstufe	höchste einstellbare Heizstufe
	Pfanneninhalt	ca. 3.5L-Wasser bzw. stets 1/2-voll; im Verlaufe der Rastermessung wurde der Füllstand mit Frischwasser ausgeglichen, um Standardkochbedingungen zu gewährleisten
	Pfannenposition	Zentriert (Kap. 6) Pfannenverschiebungen (Kap. 6.5)
	«Standard-Pfanne»	7 L-Pfanne (\varnothing 28 cm, h = 14.5 cm), Spring® Sautoir (Profi Kochlinie Brigade Premium) → RASTERMESSUNG
	«Pfanne klein»	2.7 L-Pfanne (\varnothing 18 cm, h = 11.0 cm), Spring® Fleisch-/Gemüsetopf, (Profi Kochlinie Brigade Premium) → PFANNENPOSITIONEN (Kap. 6.5)
	«Alte defekte Pfanne»	7 L-Pfanne mit gewölbtem Boden (nur bei Kochherd #1 eingesetzt); Fabrikat nicht bekannt → PFANNENPOSITIONEN (Kap. 6.5)
«Wokpfanne»	6 Liter (375 x 120 mm), Fabrikat unbekannt → Herd #13	

Tab. 5-1: Standardisierte Messbedingungen, Abmessungen und Pfannen

5.2 Messgeräte

Für die Messung der Magnetfelder wurde die isotrope Messsonde EHP-200 (Abb. 5-4) von NARDA eingesetzt [21], welche die Messung von elektrischen und magnetischen Felder erlaubt. Die nutzbare Messbandbreite beträgt für das interessierende Magnetfeld 9 kHz bis 3 MHz (Mode A). Die beim Induktionskochen entstehenden Magnetfelder im Bereich von 18 bis 100 kHz lassen sich damit gut bestimmen.



Abb. 5-4: Feld-Analysator EHP-200 NARDA Safety Test Solutions®.

Offset der Sensoren in der Messsonde [22]

Die Sensoren zur Messung der drei (kartesischen) Vektorkomponenten der magnetischen Flussdichte sind an drei Oberflächen des Sondengehäuses angebracht (Abb. 5-5). Dadurch ergibt sich ein für jede Komponente unterschiedlicher Versatz des Messzentrums in Bezug zum auf dem Gehäuse angegebenen Ursprung [22].

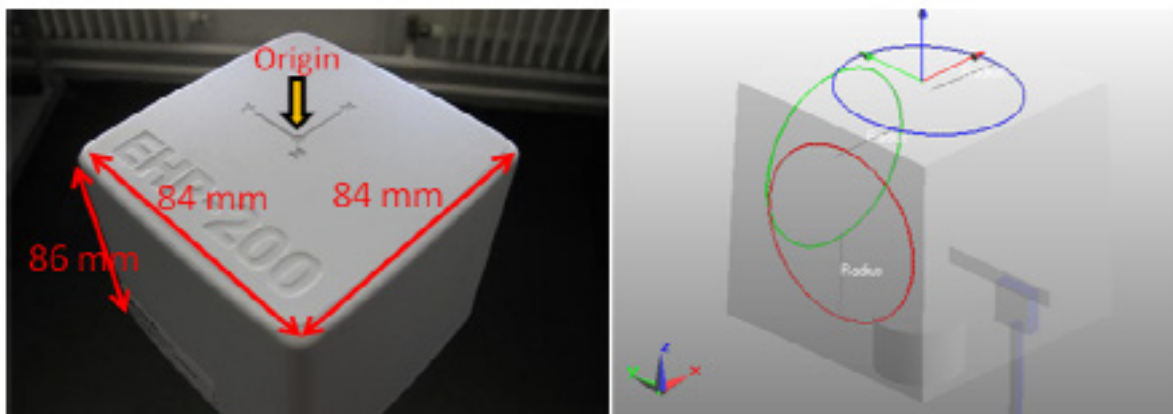















Abb. 5-5: Dimensionierung der EHP-200-Messkopf und Sensorpositionen in xyz-Richtung (IT'IS)

Bei Positionierung der Sonde mit dem Ursprung an der Herdkante wird die x-Komponente des Magnetfeldes um -39 mm in x-Richtung, um -2 mm in y-Richtung und um -41 mm in z-Richtung versetzt erfasst. Bei der y- bzw. der z-Komponente beträgt der Versatz in x-Richtung 0 mm, in y-Richtung +39 mm und in z-Richtung -43 mm bzw. x-Richtung +2 mm, in y-Richtung -1 mm und in z-Richtung -4 mm. Hierbei ist zu beachten, dass das Koordinatensystem der Sonde nicht dem der Messungen entspricht: Die yz-Ebene liegt parallel zum Boden, wobei die y-Achse in Blickrichtung zum Herd nach rechts und die z-Achse nach hinten zeigt. Die x-Achse zeigt nach oben. Der Versatz der Koordinaten wurde bei der Bestimmung des Magnetfeldes nicht berücksichtigt.

5.3 Untersuchte Induktionskochherde und -geräte

Es wurden 13 Kochgeräte ausgemessen (Tab. 5-2):

Herd-Nr. ²¹ und Baujahr (anonym), Typ	Spulen-Typ ²² Orientierung ↓ Person ↓	Leistung pro Kochfeld (kW)	Abstand Kochfeld ↔ Tischkante (mm)	Abstand Kochfeldeinsatz ↔ Tischkante (mm)
#1 (2003) Herd		2 x 3.5 = 7	260	180
#2 (2003) Herd		5	260	190
#3 (2007) Herd		2 x 3.5 = 7	160	120
#4 (2001) Herd		6	170	120
#5 (2001) Herd		9	170	120
#6 (2001) Herd		9	170	120
#7 (2009) Herd		2 x 3.5 = 7	180	130
#8 (2009) Herd		9	210	160
#9 (2009) Herd		2 x 3.5 = 7	210	160
#10 (2008) Herd		5	190	140
#11 (2008) Herd		2 x 3.5 = 7	190	140
#12 (2009) Kochgerät		2.5	235	200
#13 (2009) WOK		5	205	155

Tab. 5-2: Technische Angaben zu den ausgemessenen Induktionskochherden und -kochgeräten.

²¹ Die Höhe der Tischoberkante liegt bei allen untersuchten Herdssystemen zwischen 900-925 mm

²² Induktionskochfeld a) 1 Rundspule, b) 2-Spulen-Induktionskochfeld, c) flächendeckendes Grosskochfeld mit 4 Rechteckspulen; Bei Kochfeldern mit 2 Spulen können die beiden Spulen parallel (1 Maxima) oder vertikal (2 Maxima) angeordnet sein. Die Position der Person zur Spulenformation ist ebenfalls dargestellt; Fotos: MENU SYSTEM ®

5.4 Auswertung der Messdaten

Auswertesoftware Matlab

Die Messergebnisse wurden mit Matlab (Version R2008a) ausgewertet. Matlab ist ein Programm zur einfachen und schnellen Berechnung von Matrixoperationen. Es verfügt ebenfalls über umfangreiche Funktionen zur Darstellung von Mess- und Rechenergebnissen, die hier zur Anwendung kamen.

Auswertung der Distanzmessreihen

Messungen in unterschiedlicher Distanz zum Herd dienten dazu, die Abnahme des Magnetfeldes mit zunehmender Distanz zu charakterisieren. Sie wurden für den Messpunkt durchgeführt, an dem das Magnetfeld an der Herdkante am stärksten war (Hotspot) (siehe z.B. Abb. 6-4, Abb. 6-4 in Kap. 6.3).

Logarithmische Darstellung

Auf Grund des hohen Dynamikbereiches der Spektralkomponenten wurde die logarithmische Darstellung gewählt. Der Arbeitsplatzgrenzwert (ICNIRP Occupational) wird zur Orientierung ebenfalls angegeben. Dieser ändert innerhalb der untersuchten Messbandbreite (9...400 kHz). Zusätzlich sind die Distanzreihen mit einer dB-Skala angegeben, wobei 0 dB auf den Grenzwert der jeweiligen Frequenz bezogen sind. Die Umrechnung in dB erfolgt durch:

$$dB_{B_{ICNIRP}} = 20 \log_{10} \frac{|\vec{B}_i|}{B_{ICNIRP}}$$

\vec{B}_i ist die magnetische Flussdichte am Ort der Messung, und B_{ICNIRP} ist ihr durch die ICNIRP definierter Grenzwert für Arbeitsplätze.

Zonenplots der Grundfrequenz

Die Zonenplots der Grundfrequenz (Abb. 5-6) stellen die räumliche Verteilung des Magnetfeldes in zwei Ebenen vor dem Herd senkrecht zum Boden dar. Die Abstände dieser Ebenen zum Herd betragen 0 mm bzw. 300 mm. Der Abstand zwischen den einzelnen Messpunkten der Ebenen beträgt in beiden Raumrichtungen konstant 90 mm.

Auf Grund des starken Abfalls des Magnetfeldes innerhalb des gemessenen Bereiches ist die lineare Darstellung ungeeignet. Um für sämtliche Messungen eine Skala mit demselben Dynamikbereich verwenden zu können, wurde die Darstellung in dB gewählt, wobei 0 dB dem

Arbeitsplatzgrenzwert entspricht. Die Grenzen der Farbflächen der Zonenplots (Isolinien) entsprechen jeweils 3 dB.

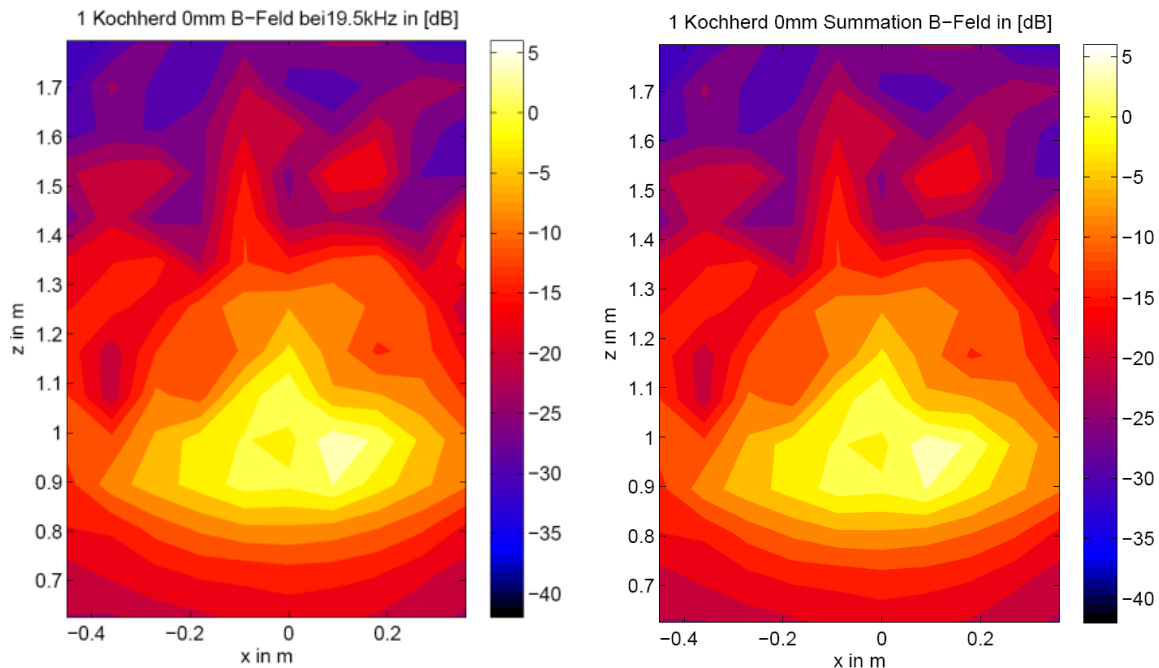


Abb. 5-6: Zonenplot am Beispiel von Herd #1 bei einem Messabstand 0 mm. Links nur die Grundfrequenz; rechts mit Summierung Grundwelle + Oberwelle → keine Unterschiede erkennbar; 0 dB entspricht dem Arbeitsplatzgrenzwert, 5 dB dem doppelten Grenzwert; Gelbe und weisse Farbzonen sind daher kritisch.

Summierte Zonenplots der Grundfrequenz und der ersten oder der zweiten Oberwelle

Zusätzlich zu den Zonenplots der Grundfrequenz (Abb. 5-6, Figur links) wurde die Feldverteilung der Amplituden der Grundfrequenz und der massgebenden Oberwellen dargestellt (Abb. 5-6, Figur rechts).

Die Summierung der Amplituden und die Umrechnung in dB erfolgt gemäss ICNIRP [17] nach der Formel:

$$dB_{B_{sum}} = 20 \log_{10} \frac{1}{B_{ICNIRP}} \sum_i |\vec{B}_i|$$

Im berücksichtigten Frequenzbereich beträgt der Arbeitsplatzgrenzwert B_{ICNIRP} 30,7 μ T. Die übrige Darstellung entspricht den Zonenplots der Grundfrequenz. Da bei allen Herden die Amplituden der Oberwellen²³ mit > 20 dB (Abb. 5-7) viel niedriger liegen als diejenige der Grundwelle, zeigen sich keine deutlichen Unterschiede in der Feldverteilung der Zonenplots ohne und mit Summierung der Oberwellen (Abb. 5-6, Figur links).

²³ Oberwellen (Harmonische) sind ein ganzzahliges Vielfaches der Grundfrequenz, da diese Schwingungsform nicht ideal sinusförmig ist.

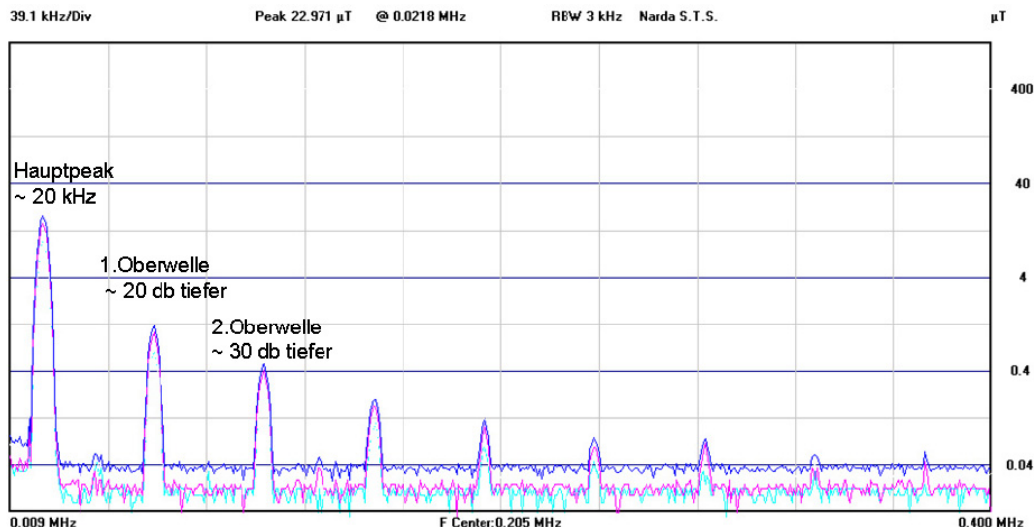


Abb. 5-7: Frequenzbild eines Scans (Messkurven x, y, z und Summierung = Einhüllende)

Für die Summation gemäss ICNIRP wurde deshalb nur der Peak mit der grössten Amplitude gewählt. Bei den Herden 2, 10 und 12 war dies die erste Harmonische, bei den übrigen Geräten die zweite.²⁴ In Tab. 5-3 sind für die untersuchten Kochherde #1 bis #13 die relevanten Hauptfrequenzen, die Hauptamplituden und die zugehörige grösste Oberwelle angegeben.

Herd-Nr.	Kochherd-Bezeichnung mit Spulenzahl und Leistung des Kochfeldes	Resultate der Distanzmessreihen am Ort des Hotspots				
		Hauptfrequenz + -amplitude (Grundwelle)		Hauptfrequenz + -amplitude (Oberwelle)		Gewählte Oberwelle (Harmonische) für die Summierberechnung
		kHz	B-Feld [µT]	[kHz]	B-Feld [µT]	
#1	Kochherd_2F_2x3.5kW	19.5	52.9	58.5	3.7	2.Harmonische (grösser als 1.)
#2	Kochherd_1R_5kW	19.5	6.7	39	0.3	1.Harmonische
#3	Kochherd_2F_2x3.5kW	19.5	27.4	58.5	2.3	2.Harmonische (grösser als 1.)
#4	Kochherd_1R_6kW	22.5	2.7	67.5	0.3	2.Harmonische (1. Harmonische n. vorhanden)
#5	Kochherd_4F_9kW	21.8	22.9	66	1.3	2.Harmonische (1. Harmonische n. vorhanden)
#6	Kochherd_4F_9kW	22.5	21.8	67.5	1.5	2.Harmonische (1. Harmonische n. vorhanden)
#7	Kochherd_2F_7kW	19.5	23.2	58.5	1.6	2.Harmonische (1. Harmonische n. vorhanden)
#8	Kochherd_4F_9kW	22.5	19.4	66.8	1.3	2.Harmonische (grösser als 1.)
#9	Kochherd_2F_7kW	21.8	22.4	66	1.3	2.Harmonische (1. Harmonische n. vorhanden)
#10	Kochherd_1R_5kW	20.3	6.1	39.8	0.4	1.Harmonische
#11	Kochherd_F2_7kW	19.5	8.2	58.5	0.7	2.Harmonische (grösser als 1. Harmonische)
#12	Kochgerät_1R_2.5kW	20.3	0.7	42	0.2	1.Harmonische
#13	Induktions-WOK_5kW	22.5	2.1	--	---	Keine Oberwellen sichtbar

Tab. 5-3: Kochherde, Hauptfrequenzen, Amplituden und Harmonische Oberwellen; Die summierten Feldstärken wurden für die Modellierung der IT'IS, verwendet (Kap. 8)

²⁴ Im Spektrum des Herdes 13 treten keine Oberwellen auf (Zonenplots wurden nicht angefertigt).



5.5 Messunsicherheit der Magnetfeldmessungen

Die Feldmesssonde EHP-200 von NARDA wurde beim Bundesamt für Metrologie (METAS) zurückgeführt²⁵. Die gesamte Messunsicherheit bei vorgegebener Hauptfrequenz von 19 kHz und einer Magnetfeldstärke von 50 μ T (Effektivwert) wurde aus der Wurzelquadratsumme der nachfolgenden 5 Einflussparameter bzw. deren Messunsicherheiten (μ) bestimmt:

- Isotropie x-y-z-Achsen μ = 4%
- Linearität μ = 1%
- Kalibration μ = 5%
- Probenahme-Unsicherheit μ = 5%
- Wiederholbarkeit μ = 8% (n=50 Messungen 26)

Die gesamte Messunsicherheit ergibt einen Wert von $U (k=2)^{27} = 1.69$ dB bzw. ungefähr 20%. Diese Messunsicherheit wurde bei der Interpretation der Resultate mitberücksichtigt. Den grössten Unsicherheitsbeitrag liefert in der Praxis immer die Messung selbst (Probenahme und Wiederholbarkeit).

²⁵ Die Rückführung von 50 μ T - Magnetfeldern im kHz-Bereich ist in Europa derzeit nur bei METAS in Bern-Wabern möglich.

²⁶ Kochherd #1 bei 0 mm Abstand zur Tischkante

²⁷ U ist der Bereich, innerhalb dessen die Messgröße mit 95% Wahrscheinlichkeit liegt ($U=1.96 * \mu$)

6. RESULTATE DER MAGNETFELDMESSUNGEN DER KOCHHERDE

6.1 Magnetfeldbelastungen durch Kochherde im Vergleich zu den Grenzwerten

Da die Schweizerische Gesetzgebung zur Zeit keine Angaben macht, ob für Föten schwangerer Köchinnen die Arbeitsplatzgrenzwerte (Suva, ICNIRP98 Occupational) oder die fünf-fach strengeren Referenzwerte für die Allgemeinbevölkerung (ICNIRP98 General Public) gelten, werden die Resultate nachfolgend mit beiden Grenzwerten verglichen und diskutiert.

Im nachfolgenden Balkendiagramm Abb. 6-1 sind die maximalen örtlichen Magnetfeldbelastungen («Hotspots») der ausgemessenen Kochherde und -geräte im Vergleich zu den aktuellen Grenz- oder Referenzwerten dargestellt. Die Feldstärken sind für die zwei Kochherddistanzen 0 mm (= Herdkante) und 300 mm (= typischer Gehabstand) ausgewiesen:

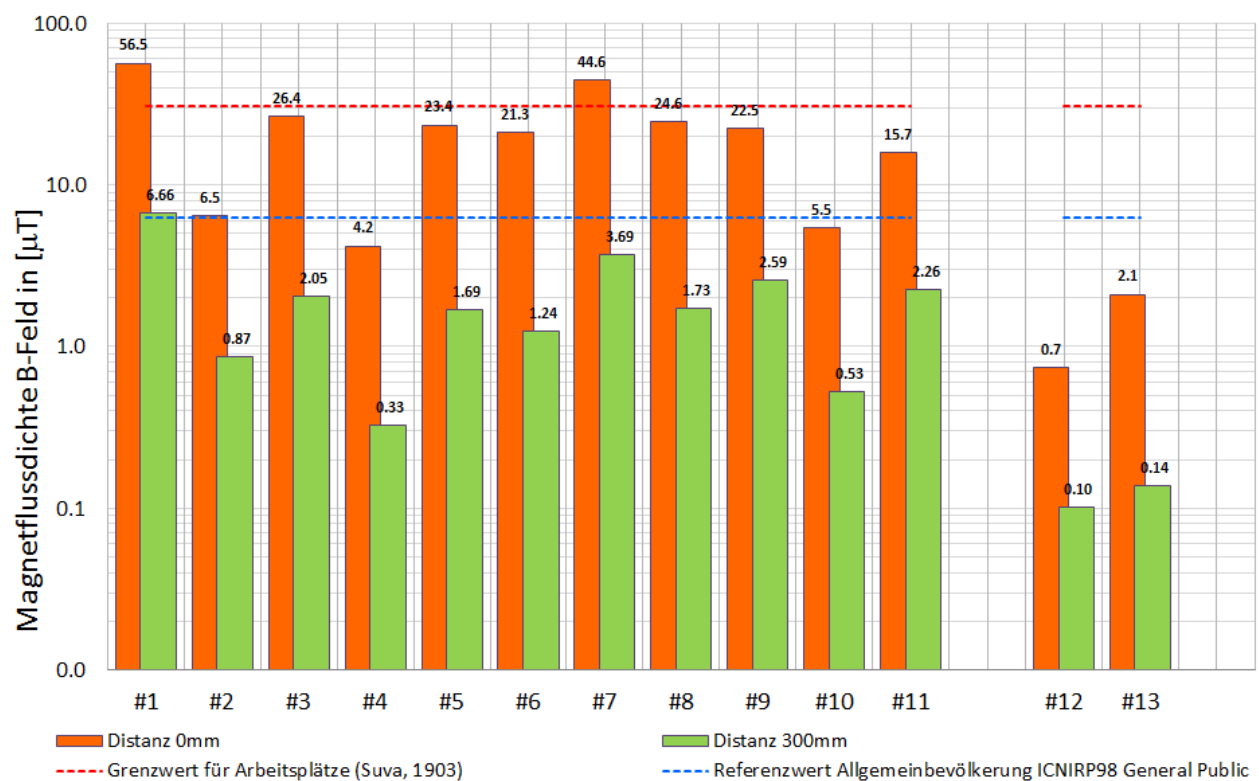


Abb. 6-1: Untersuchte Induktionskochherde und -kochgeräte: Magnetflussdichte (Summation Grund- und 1. oder 2. Oberwelle) und Werte 0 mm (= Herdberührung) und 300 mm (= typischer Gehabstand); Bemerkung zu Arbeitsplatzgrenzwert: dieser entspricht dem Referenzwert für berufliche Expositionen gemäss ICNIRP(98) Occupational.

► Vergleich mit dem Arbeitsplatzgrenzwert (Suva):

Die Magnetfelder erreichen im Abstand 0 mm (= Herdkante) den Arbeitsplatzgrenzwert bei zwei Herdmodellen (#1/7). Bei Berücksichtigung der Messunsicherheit (Kap. 5.5) überschreiten 5 von 13 Modellen den Grenzwert (Modelle #3/5/6/8/9). Drei Modelle (#2/4/10) halten den Grenzwert dagegen sicher ein.



- ▶ Vergleich mit Referenzwert für die Allgemeinbevölkerung (ICNIRP98):
Bei 9 von 13 Modellen überschreiten die Magnetfelder im Abstand von 0 mm den Grenzwert für die Allgemeinbevölkerung. Eine Überschreitung bei Berücksichtigung der Messunsicherheit (Kap. 5.5) ist bei zwei Modellen (#4/10) gegeben.
- ▶ Magnetfeldstärken im Gehabstand 300 mm zur Herdkante:
Im typischen Gehabstand von 300 mm zur Herdkante halten die Induktionskochherd-systeme mit Ausnahme des Modells #1 beide Grenzwerte ein.
- ▶ Spezialmodelle: «Mobiles Induktionskochgerät» und «Induktions-WOK»:
Die zusätzlich geprüften Modelle #12²⁸ «Mobiles Induktionskochgerät» sowie #13²⁹ «In-duk-tions-WOK» liegen deutlich unterhalb der beiden Grenzwerte. Das mobile Indukti-onkochgerät hat eine geringere Spulenleistung von 2.5 kW, was tiefere Feldstärken entstehen lässt. Beim leistungsstarken Induktions-WOK ist die Spule konstruktionsbe-dingt tiefer eingebaut und der Abstand zur Herdkante entsprechend grösser als bei den Flachspulen, wodurch an der Herdkante schwächere Feldstärken herrschen.
- ▶ Baujahr der Herde:
Die älteren und neueren Herdmodelle gemäss Tab. 5-2 derselben Hersteller unter-scheiden sich bezüglich der Magnetfeldstärken nicht signifikant. Die neuen Modelle zeichnen sich z.B. durch moderne und intelligente Heiz-Sensor-Regelungen aus.
- ▶ Strahlungsarme Herde: «Stand der Technik»:
Die Herde #2/4/10 sind besonders strahlungsarm. Ihnen gemeinsam ist die Verwen-dung einer Rundspule (Abb. 1-5). Diese Spulen sind interessanterweise ziemlich leis-tungsstark mit 5 bis 6 Kilowatt. Herd #4 liefert an der Herdkante insgesamt die schwächste Magnetfeldbelastung aller Herde.

²⁸ Leistung 2.5 Kilowatt

²⁹ Leistung 5.0 Kilowatt

6.2 Magnetische Feldexpositionen: Zonenmessungen im Überblick

Die Zonenplots zeigen die Feldverteilungen in der senkrechten Ebene einer virtuellen Person an der Herdkante (Distanz 0 cm) sowie im typischen Gehabstand von 30 cm zur Herdkante. Die gelben Farbzonen symbolisieren eine Exposition im Bereich des Arbeitsplatzgrenzwertes. Bei grösseren Abständen verringern sich die Magnetfeldstärken erwartungsgemäss deutlich. Die Magnetfeldbelastungen der ausgemessenen Herde #1 bis #11 zeigen an der Herdkante auf 90 bis 100 cm Höhe und in Spulenachse das Feldstärkemaximum, die sogenannten «Hotspots», die vor allem auf die Becken- und Unterbauchbereiche gerichtet sind.

In Abb. 6-2 sind diejenigen zwei Kochherde abgebildet, die am stärksten (#1) und am schwächsten (#4) strahlen. Beim stark strahlenden Kochherd #1 erreicht das Magnetfeld beim «Hotspot» im Becken- und Lendenbereich (ca. 90-100 cm Höhe) den doppelten Arbeitsplatzgrenzwert. Ab einer Höhe von 1.3 m ist das Magnetfeld kleiner als $5\text{-}6\ \mu\text{T}$ und liegt unter dem Referenzwert für die Allgemeinbevölkerung (20 kHz: $6.25\ \mu\text{T}$). Beim Herd #1 sind die Herz- und Kopfbereiche der exponierten Person dann nicht überbelastet, wenn sie aufrecht an der Herdkante steht. Die übrigen Kochherde strahlen deutlich schwächer.

Alle Zonenplots der Induktionsherde #1 bis #11 sind im Anhang I dargestellt. Die Kochgeräte #12/#13 zeigten deutlich geringere Magnetfelder, weshalb auf Zonenplots verzichtet wurde.

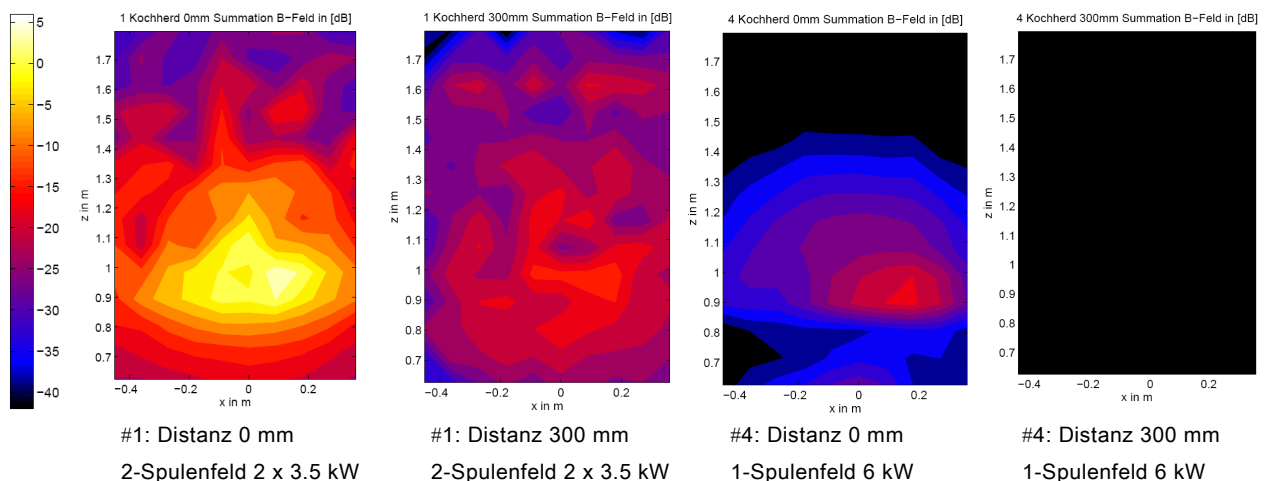


Abb. 6-2: Zonenplots der vertikalen Magnetfeldbelastungen in 2 Ebenen (0 und 300 mm); Herd #1 zeigt die stärkste Abstrahlung; Herd #4 ist der Herd mit den schwächsten Streufeldern «Stand der Technik»; 0 dB entspricht dem Arbeitsplatzgrenzwert; Gelbe und weisse Zonen liegen im Grenzwertbereich und sind kritisch.

6.3 Magnetfeldexpositionen: Distanzmessreihen

Für alle Induktionskochherde und -geräte wurden Signalspektren in Abhängigkeit der Distanz der Messsonde vom Kochherdrand (0-50-100-150-200-250-300 mm) erstellt. In Abb. 6-3 und

Abb. 6-4 sind die Signalspektren zweier sehr unterschiedlich abstrahlender Induktionskochherde am Ort des jeweiligen Magnetfeldmaximums, des «Hotspots», dargestellt, um die beobachteten Extremsituationen deutlich zu machen.

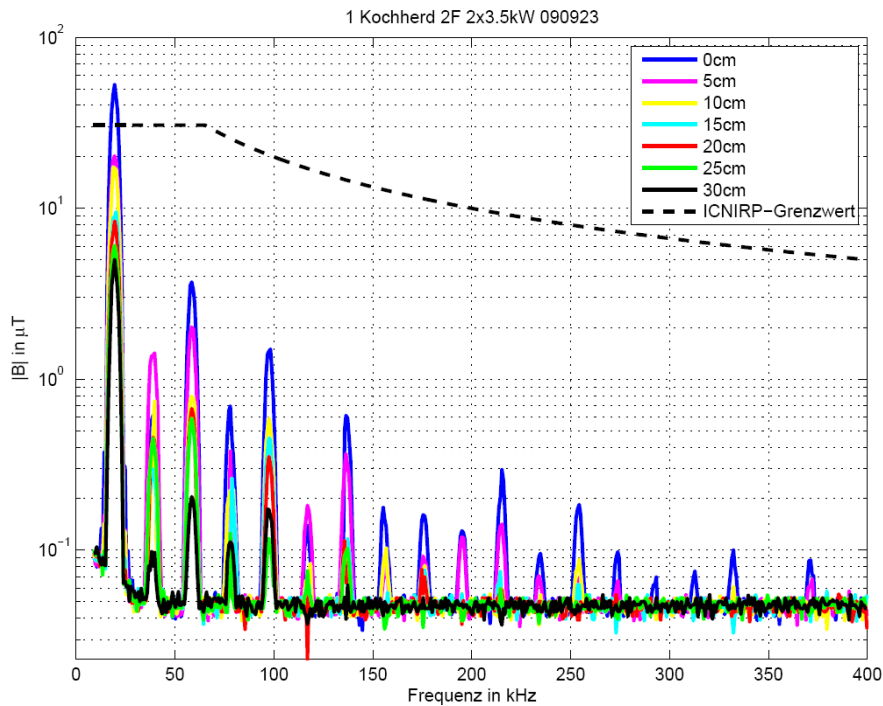


Abb. 6-3: Signalspektren und Abstandsabhängigkeit am Beispiel eines stark strahlenden Kochherdes (#1); gestrichelte Linie = Arbeitsplatzgrenzwert.

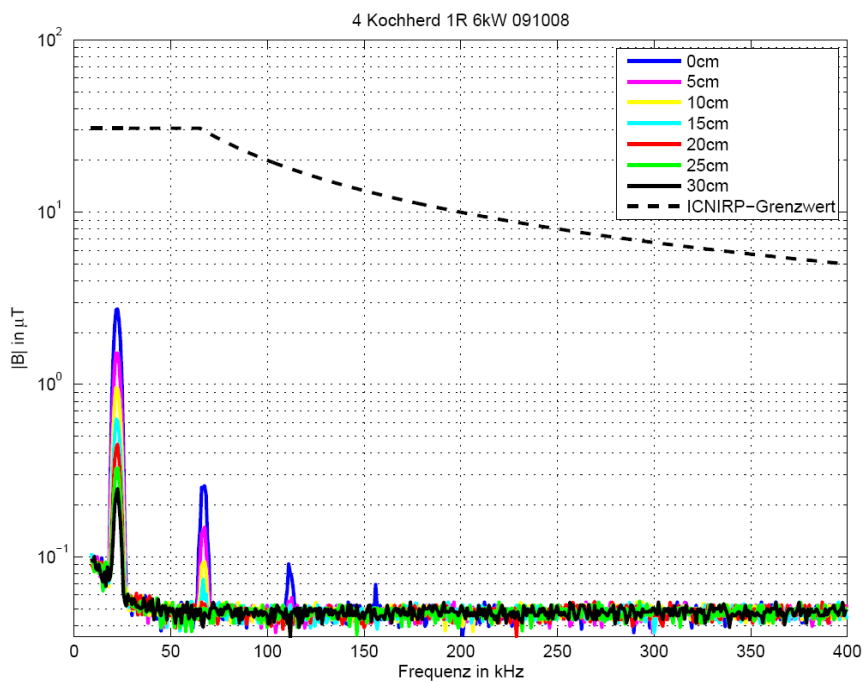


Abb. 6-4: Signalspektren und Abstandsabhängigkeit am Beispiel eines schwächer strahlenden Kochherdes (#4); gestrichelte Linie = Arbeitsplatzgrenzwert



Die dominante Hauptamplitude der Grundwelle liegt bei allen untersuchten Herden/Geräten zwischen bei 19.5 bis 22.5 kHz (Tab. 5-3). Die Oberwellen liegen mehr als 20 bis 30 dB niedriger als die Hauptamplitude. Ihr Anteil macht bei der Summierung der Grund- und Oberwelle maximal 5 % aus und auf die Summierung könnte eigentlich verzichtet werden (Kap. 5.4). Ebenfalls gut sichtbar ist die deutliche Abnahme der Feldstärken mit grösser werdender Distanz. Im Vergleich dazu ist der frequenzabhängige Arbeitsplatzgrenzwert als gestrichelte Linie eingetragen. Die Hauptamplitude überschreitet den Grenzwert an der Herdkante (0 cm).

6.4 Magnetfeldexpositionen: Näherungsformel zur Abschätzung der Feldstärke

Eine Näherungsformel zur groben Abschätzung von Feldstärken (B-Feld) wurde anhand der Messwerte ausgearbeitet. Zur rechnerischen Abschätzung von Feldstärken $B(x)$ in beliebigen Abständen wurde von IT'IS auf Basis von Distanzmessungen mit drei Wiederholungsmessungen folgende vereinfachte Näherungsformel entwickelt:

$$B(x) = B_0 e^{-\frac{x}{k}}$$

mit B_0 = Messwert in μT in einer definierten Höhe an der Tischkante (0 mm) und $k = 105\text{mm}$.

Die Näherungsformel ist für den Bereich von $x = 0$ bis $x = 300$ mm gerechnet. Der Einfachheit halber wurde ein exponentieller Abfall angenommen. Im Bereich hoher Felder ($x < 150$ mm) überschätzt die Formel bis zu 25%. Bei grösseren Distanzen unterschätzt sie bis zu 50%. Die Näherungsformel ist ungenau und nur für grobe Abschätzungen einsetzbar.

6.5 Magnetfeldexpositionen: Pfannenplatzierung auf Kochfeld und Pfannentyp

Die Messungen zum Einfluss der Position der Pfanne auf dem Kochfeld zeigen, dass nicht zentrierte, also ungünstige Pfannenplatzierungen nicht generell zu deutlich höheren Magnetfeldbelastungen führen. Sind Pfannen zu weit vorne, hinten oder seitlich platziert, entstehen in der Regel leicht höhere Magnetfeldbelastungen (Abb. 6-5). Eine Systematik liess sich nicht erkennen.

Eine «alte defekte Pfanne» mit stark gewölbtem Boden führt im Vergleich mit der «Standardpfanne» gleichen Durchmessers zu stärkeren Magnetfeldern (Abb. 6-5). Im linken Bild sind die zentrierte Position und im Bild ganz rechts die verschiedenen Pfannenplatzierungen dargestellt. Die Pfannenarten sind in Tab. 5-1 erklärt.

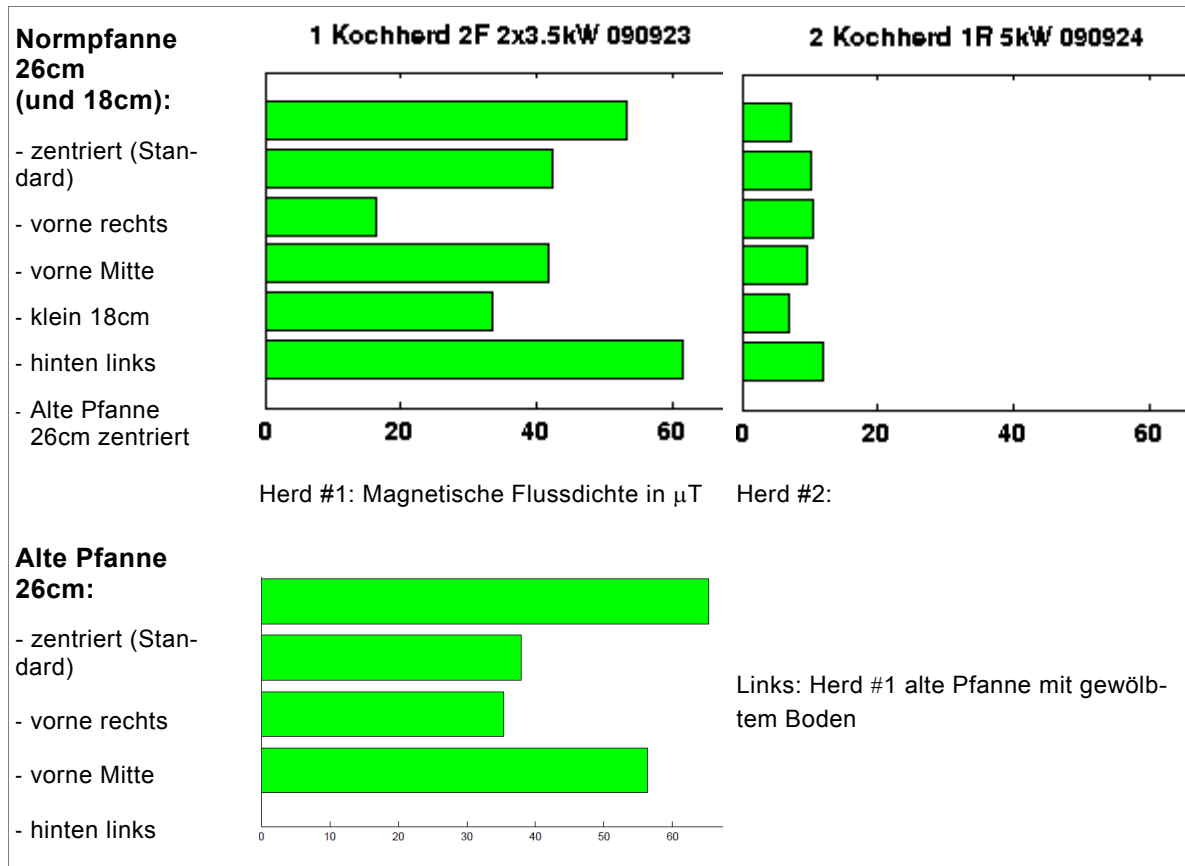


Abb. 6-5: Pfannenplatzierungen: Herd #1 = stärkere, Herd #2 = schwächere Felder; Feldstärke in Mikrottesla

Sämtliche Grafiken der Pfannenplatzierungen und Pfannenvariationen bei den Herden #1 bis #11 sind im Anhang II zusammengestellt.

Pfannen decken idealerweise das ganze Kochfeld bzw. die ganze Zone der Induktionsspule ab. Sie werden deshalb möglichst kochfeldzentriert positioniert.

6.6 Magnetfeldexpositionen: Kochleistungsstufen

Die Magnetflussdichte wurde als Funktion der Kochleistungsstufe an der Herdkante der beiden Herde #1 (Abb. 6-6, Abb. 6-7) und #9 (Abb. 6-8, Abb. 6-9) gemessen. Die Korrelation zwischen Feldstärke und Heizstufe ist gut ersichtlich. Im obersten Heizbereich zeichnet sich eine Sättigung der Magnetfeldstärke ab.

Beim Herd #1 mit stärkster Abstrahlung (Abb. 6-6) ist ab Heizstufe 5 und höher der Arbeitsplatzgrenzwert an der Herdkante erreicht bzw. überschritten (rot). Bei Stufe 2 bis 4 ist der Grenzwert für die Allgemeinbevölkerung erreicht oder überschritten (gelb).



Die beobachtete Sättigung des Magnetfeldes bei hohen Kochleistungsstufen könnte die Ursache darin haben, dass bei hohen Heizleistungen möglicherweise die Kühlung der Herd-Elektronik nicht mehr ausreicht.

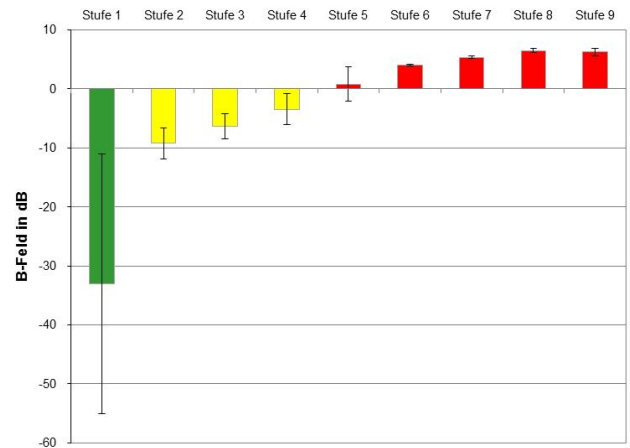
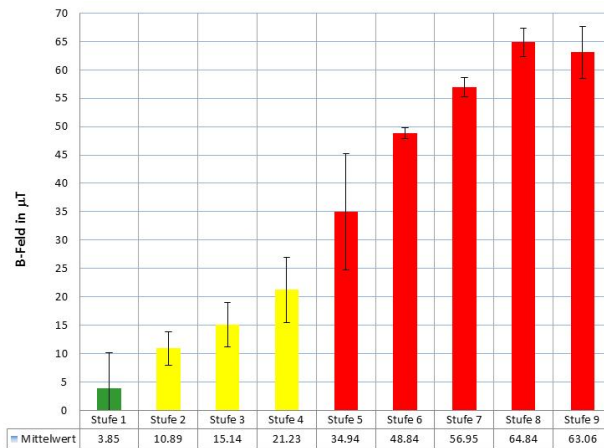


Abb. 6-6; Herd #1: Herd mit stärkster Abstrahlung; Magnetische Flussdichte in μT als Funktion der Kochleistungsstufe; 0 dB = Arbeitsplatzgrenzwert 30.7 μT

Abb. 6-7; Herd #1: Herd mit stärkster Abstrahlung; Magnetische Flussdichte in dB als Funktion der Kochleistungsstufe; 0 dB = Arbeitsplatzgrenzwert 30.7 μT

Herd #9 liegt im Mittelfeld der ausgemessenen Herde und zeigt eine moderate Magnetfeldbelastung (Abb. 6-8). Die Magnetfeldstärke erreicht schon ab Heizstufe 8 ihr Maximum. In Fig. 8-9 und 8-10 ist erkennbar, dass ab Heizstufe 5 bis 10 der Grenzwert für die Allgemeinbevölkerung (gelbe Balken) erreicht oder überschritten ist. Der Arbeitsplatzgrenzwert von 30.7 μT wird jedoch auch bei höchster Kochstufe eingehalten (fehlende rote Balken).

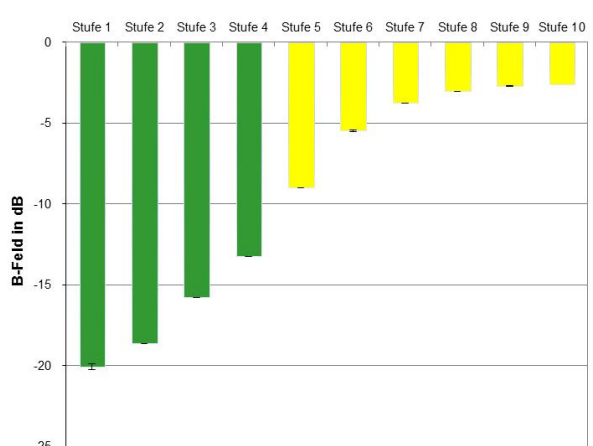
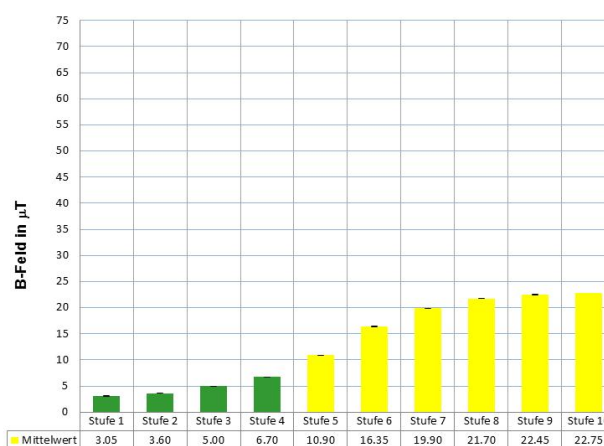


Abb. 6-8; Herd #9: Herd mit erhöhter Abstrahlung; Magnetische Flussdichte in μT als Funktion der Kochleistungsstufe; 0 dB = Arbeitsplatzgrenzwert 30.7 μT

Abb. 6-9; Herd #9: Herd mit erhöhter Abstrahlung; Magnetische Flussdichte in dB als Funktion der Kochleistungsstufe; 0 dB = Arbeitsplatzgrenzwert 30.7 μT



6.7 Magnetfeldexpositionen: Auswirkungen auf Herzschrittmacher

Ein Herzschrittmacher befindet sich im oberen Herzhöhenbereich. In der anthropometrischen Literatur gibt es keine direkten Angaben zu den Herzhöhen. Die Herzhöhen für Mann und Frau können aus den statistischen Kennzahlen der Schulterhöhe minus Ellenbogenhöhe ab Boden geschätzt werden³⁰.

Die Norm DIN 33402-2 beinhaltet anthropometrische Körpermessungen für individuelle Altersgruppen und Geschlechter in Perzentilen. Für die Altersgruppe 18 bis 64 Jahre ergeben sich folgende mittlere³¹ Herzhöhen bei 50% aller Männer und Frauen in aufrechter Haltung:

Männer: 130 cm
Frauen: 121 cm

Die Herzgegend wird bei einer aufrecht stehenden Person durch Magnetfelder wegen der grösseren Distanz zum Kochfeld weniger belastet als der Bauch- und Beckenbereich. Bei kleineren Personen ist die Magnetfeld-Belastung auf Herzhöhe generell grösser als bei grossgewachsenen Personen.

In Anbetracht der gemessenen Maximalbelastungen der Kochherde wird die zulässige Spitzenfeldstärke von 8.8 μT (Tab. 4-4) für eingeschränkt störffeste Herzschrittmacher teilweise erreicht oder sogar überschritten. Bei Betrachtung von Kochherd #1 mit dem stärksten Magnetfeld aller Herde ist erkennbar, dass die zulässige Spitzenfeldstärke bei 50 % aller Frauen, mit einer mittleren Herzhöhe von 121 cm (oder weniger) in aufrecht stehender Position erreicht oder sogar überschritten wird. Auf Herzhöhe von 50 % aller Männer (130 cm) erreicht das geschätzte Magnetfeld 5.5 μT (Abb. 6-2).

Ein Störrisiko für Herzschrittmacher kann bei kleineren Personen somit nicht ausgeschlossen werden, insbesondere bei Frauen, deren Körperlänge im Durchschnitt kleiner als die der Männer ist, sowie generell beim Beugen über das Kochfeld oder bei nach unten gebücktem Oberkörper vor dem Herd.

Medizinische Notfälle im Zusammenhang mit Induktionskochherden sind bisher nicht bekannt. Weitere Informationen zu aktiven medizinischen Implantaten (AIMD) sind in Kap. 3.2 beschrieben.

³⁰ H.W.Jürgens, Prof. Dr. Dr., Universität Kiel: Fb 1023, 2004, Schriftenreihe BauA, Erhebung anthropometrischer Masse zur Aktualisierung der Norm DIN 33402-2 (Ergonomie - Körpermasse des Menschen - Teil 2: Werte), 2005.

³¹ Median → www.wikipedia.org/wiki/Median; mittlere Höhe ab Boden einschliesslich ein Zuschlag von 30 mm Schuhabsatz.



7. MESSUNGEN DER ARBEITSPOSITIONEN AM KOCHARBEITSPLATZ

7.1 Erläuterungen zur Tätigkeitsanalyse (FIT)

Die Tätigkeitsanalyse erfolgte mit Hilfe des FIT-Systems (Flexible Interface Technik) [23]. Es handelt sich um eine Methode zur Registrierung beobachtbarer und zeitlich veränderbarer Grössen wie beispielsweise Tätigkeiten oder Körperhaltungen. Die Erfassung erfolgte manuell über eine Eingabeschablone auf dem Touchscreen eines Hand-Held-Computers. Die erfassten Eingabepunkte wurden nach Abschluss aller Beobachtungen statistisch ausgewertet. Sowohl Aufenthaltsort als auch Aufenthaltsdauer der vor Induktionskochherden stehenden Personen wurden für definierte Abstände zu den Kochherdkanten (= 3 Zonen) bestimmt:

- Zone 1 = Die Person steht direkt oder sehr nah am Herd (Abstand 0-5 cm) und berührt den Herd dauernd oder sporadisch mit dem Rumpf
- Zone 2 = Die Person steht direkt vor dem Herd, berührt ihn aber nicht (Abstand 6-30 cm)
- Zone 3 = Die Person steht nicht direkt vor dem Herd (> 30 cm) oder sie steht weiter entfernt vom Herd und ist anderswo in der Küche beschäftigt.

7.2 Ergebnisse der Tätigkeitsanalyse (FIT)

Gastroküche 1: Grossküche einer Firmenkantine (Tab. 7-1)

Das Kochpersonal hat die Induktionskochherde dazu benutzt, um Suppen und Saucen während längerer Zeit zu kochen und warmzuhalten. Das Kochpersonal hielt sich jeweils nur kurz direkt am Herd auf, um Zutaten zuzugeben, zu rühren oder zu würzen. Auf Grund des vorhersehbaren Menüplans war das Arbeitsumfeld nicht hektisch, so dass sich alle vier beschäftigten Personen gleichzeitig erfassen liessen.

Messserie (Dauer)	Person	Aufenthaltsdauer [% der Dauer der Messserie]		
		Zone 1	Zone 2	Zone 3
1 (56 min 46 sec)	1	17	20	62
	2	50	8	42
	3	11	30	59
2 (22 min 28 sec)	1	23	23	54
	2	21	8	70
	3	16	7	77
	4	18	18	64

Tab. 7-1: Messserie Grossküche einer Firmenkantine



Gastroküche 2: Spitalküche (Tab. 7-2)

Das Kochpersonal hat die Induktionskochherde dazu benutzt, um individuelle Diätmenüs zu kochen. Neben dem eigentlichen Kochvorgang war das Kochpersonal auch damit beschäftigt, auf einer benachbarten Arbeitsfläche die verschiedenen Diätmenüs individuell vorzubereiten. Auf Grund des vorhersehbaren Menüplans war das Arbeitsumfeld nicht hektisch, so dass sich alle vier beschäftigten Personen gleichzeitig erfassen liessen.

Messserie (Dauer)	Person	Aufenthaltsdauer [% der Dauer der Messserie]		
		Zone 1	Zone 2	Zone 3
1 (41 min 31 sec)	1	28	5	67
	2	35	10	56
	3	5	0	95
	4	18	6	76

Tab. 7-2: Messserie Spitalküche

Gastroküche 3: à-la-carte Küche (Tab. 7-3)

Das Kochpersonal hat die Induktionskochherde dazu benutzt, um A-la-Carte-Menüs aus vorgekochten oder gerüsteten Zutaten zu kochen. Drei Personen haben sich dabei insgesamt sechs Induktionskochfelder geteilt. Jede Person hat für ihre Arbeit mehrere kleine Bratpfannen verwendet. Auf Grund der kurzfristigen und individuellen Menüvariation und des dadurch sehr hektischen Arbeitsumfeldes liess sich bei einer Messserie nur eine Person erfassen.

Messserie (Dauer)	Koch	Aufenthaltsdauer [% der Dauer der Messserie]		
		Zone 1	Zone 2	Zone 3
1 (28 min 55 sec)	1	33	32	35
2 (14 min 02 sec)	2	24	25	52
3 (27min 55 sec)	3	42	16	42

Tab. 7-3: Messserie à-la-Carte-Küche

Schlussfolgerungen:

Die Tätigkeitsanalyse zur Position des Kochpersonals wurde stellvertretend für Grossküchen bei drei Küchenbetrieben durchgeführt. Das Kochpersonal hält sich bis zu 30 Prozent der Arbeitszeit an der Kochherdkante (Zone 1) auf. Hier zeigt sich auch, dass Köchinnen und Köche erhöhten Magnetfeldern ausgesetzt sein können.

8. COMPUTERUNTERSTÜTZTE SIMULATION DER STRÖME IM KÖRPER

8.1 Einleitung und Aufgabenstellung

Induktionskochherde erzeugen Magnetfelder, die im Körper von Köchinnen und Köchen elektrische Ströme verursachen. Diese Ströme dürfen bestimmte Grenzwerte nicht überschreiten, damit keine akuten Effekte wie z.B. Nerven- und Muskelreizungen entstehen. Als Mass für Körperströme dient die Stromdichte (Kap. 4.1)

Diese Ströme sind nicht direkt messbar, sondern müssen mit Computersimulationen in virtuellen Modellpersonen berechnet werden. Die Forschungstiftung IT'IS in Zürich hat solche Modelle im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramm 57 «Nichtionisierende Strahlung» entwickelt (Abb. 8-1). Die Simulationen berücksichtigen neben den einwirkenden Magnetfeldern auch Geschlecht, Alter, Körperbau, Anatomie, Gewebeeigenschaften und Körperhaltung der virtuellen Person. Im Auftrag des BAG hat IT'IS die Körperströme in Modellpersonen berechnet, die virtuell vor Induktionskochherden stehen:

- Frau, 26jährig, Grösse 1.60 m, Gewicht 58 kg, nicht schwanger
- Gleiche Frau, schwanger im dritten, siebten und neunten Schwangerschaftsmonat
- Föten im dritten, siebten und neunten Monat
- Mann, 34jährig, Grösse 1.74 m, Gewicht 70 kg
- Mann, 37jährig, Grösse 1.78 m, Gewicht 120 kg

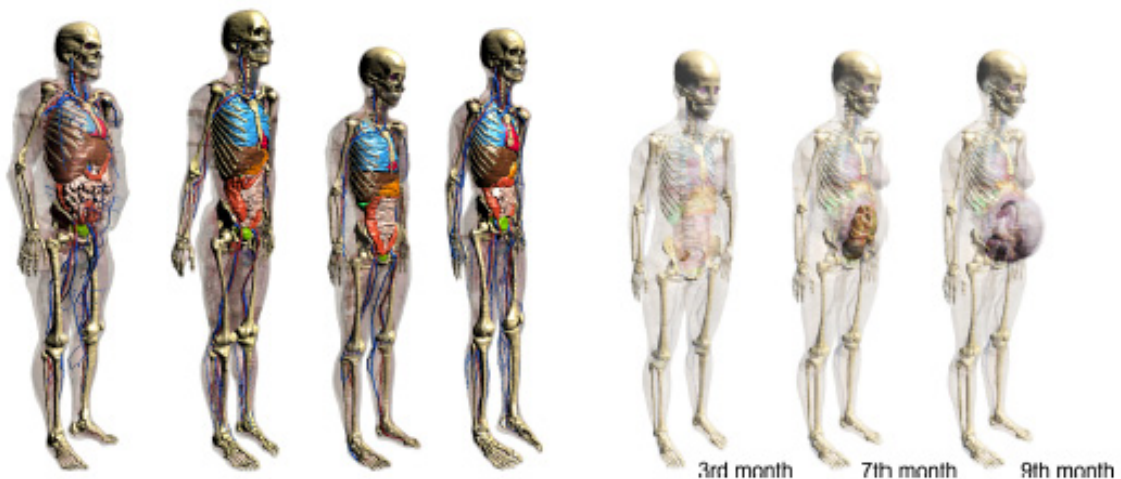


Abb. 8-1: Virtuelle Körpermodelle. Von links nach rechts: Mann 120 kg, Mann 70 kg, Frau 58 kg, Knabe 50 kg, Frau im 3ten, 7ten und 9ten Schwangerschaftsmonat.

Die in den Simulationen verwendeten Magnetfeldbelastungen entsprachen den Magnetfeldern, die das SECO bei seiner Messkampagne vor Induktionskochherden gemessen hat



(Herd #1 bis #11) sowie dem Magnetfeld einer mobilen Induktionskochplatte (Herd #14), die in einer Studie des BAG von 2006 gemessen wurde [1].

Köche oder Köchinnen stehen in verschiedenen individuellen Arbeitshaltungen vor Kochherden. Diese Arbeitshaltungen definieren den Abstand zwischen Person und Kochfeld und beeinflussen damit massgeblich die Belastungen der Personen mit Magnetfeldern. Die Körperströme wurden bei allen Modellpersonen für folgende typische Arbeitshaltungen berechnet:

- Die Person berührt die Herdkante leicht (Distanz 0 cm). Je nach Bauart des Herdes beträgt die Distanz zwischen Herdkante und Kochfeld zwischen 160 mm und 260 mm;
- die Person lehnt sich an die Herdkante und nähert sich deshalb weiter an das Kochfeld an. Diese Arbeitshaltung kann insbesondere bei fest gebauten Personen oder schwangeren Frauen zum Tragen kommen. Auf Grund der vergrösserten Bauchwölbung und des Anlehnsens verkleinert sich der Abstand zwischen Person und Kochfeld. Als realistische Annahme wurde eine um 5 cm verkürzte Distanz zum Kochfeld angenommen.

Die berechneten Körperströme wurden mit dem Basisgrenzwert für Arbeitsplätze «ICNIRP98 Occupational» und demjenigen für der Allgemeinbevölkerung «ICNIRP General Public» verglichen.

Die nachfolgenden Grafiken (Abb. 8-2 bis Abb. 8-15) erscheinen aus Darstellungsgründen mit einer logarithmischen Prozentachse. 100 Prozent entsprechen je nach Grafik dem Basisgrenzwert für Arbeitsplätze oder demjenigen für die Allgemeinbevölkerung. Die Berechnungen der Körperströme sind aus methodischen Gründen mit gewissen Unsicherheiten behaftet. Sie sind in den Abbildungen jeweils als Fehlerbalken eingezeichnet und werden in Kapitel 8.2 bis 8.4 nicht speziell diskutiert.

8.2 Körperströme in nicht schwangeren Personen und im Gonaden-Bereich

Die Körperströme wurden in den folgenden Modellen bestimmt:

- nicht schwangere Frau 58 kg
- Mann 70 kg und 120 kg
- Gonaden-Bereich³²

Sie sind in den Abb. 8-2 bis und mit Abb. 8-5 als Prozentwert des Basisgrenzwertes für Arbeitsplätze dargestellt.

Sofern die Personen an der Herdkante stehen, ist der Basisgrenzwert bei der Frau und dem 70 kg schweren Mann bei 3 von 12 Herden erreicht oder überschritten. Beim 120 kg schwe-

³² Gonade ist die Keim- oder Geschlechtsdrüse, also jenes Geschlechtsorgan, in dem Sexualhormone und die Keimzellen gebildet werden. Beim männlichen Geschlecht wird die Gonade als Hoden, beim weiblichen als Eierstock bezeichnet.



ren Mann treten Grenzwertüberschreitungen bei 2 von 12 Herden auf. Wenn sich eine Person an den Herd anlehnt, verkürzt sich der Bauchabstand zum Kochfeld (Annahme 5 cm), so dass die Magnetfeldstärken höher ausfallen. Der Basisgrenzwert wird bei der Frau bei der Hälfte der Herde, beim 70 kg schweren Mann bei 5 von 12 Herden und beim 120 kg schweren Mann bei 4 von 12 Herden überschritten.

Sofern sich die Personen im typischen Gehabstand von 30 cm zur Herdkante aufhalten, bleibt der Basisgrenzwert für Arbeitsplätze stets eingehalten (ohne Grafiken).

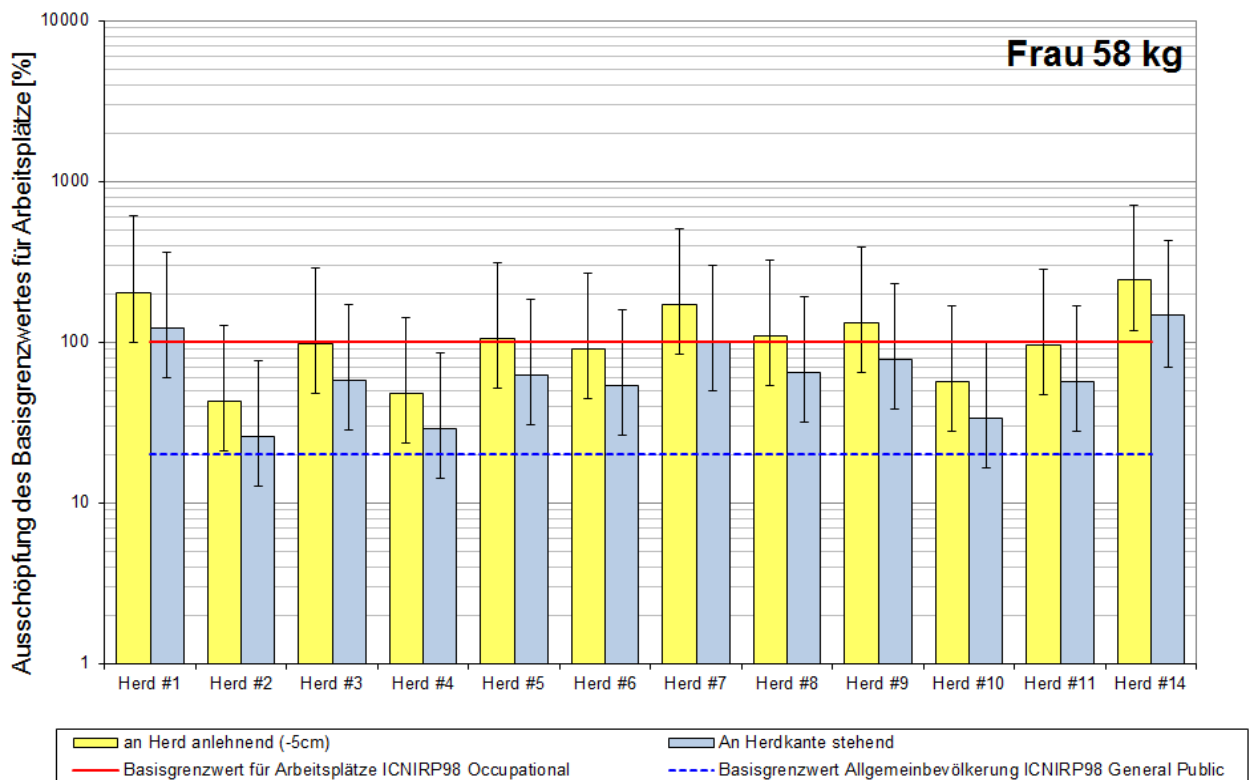


Abb. 8-2: Körperströme in einer nicht schwangeren Frau 58 kg. 100 % = Basisgrenzwert für Arbeitsplätze. GELB → an der Herdkante anlehnend (Bauch 5 cm näher zum Kochfeld), GRAU → an Herdkante stehend

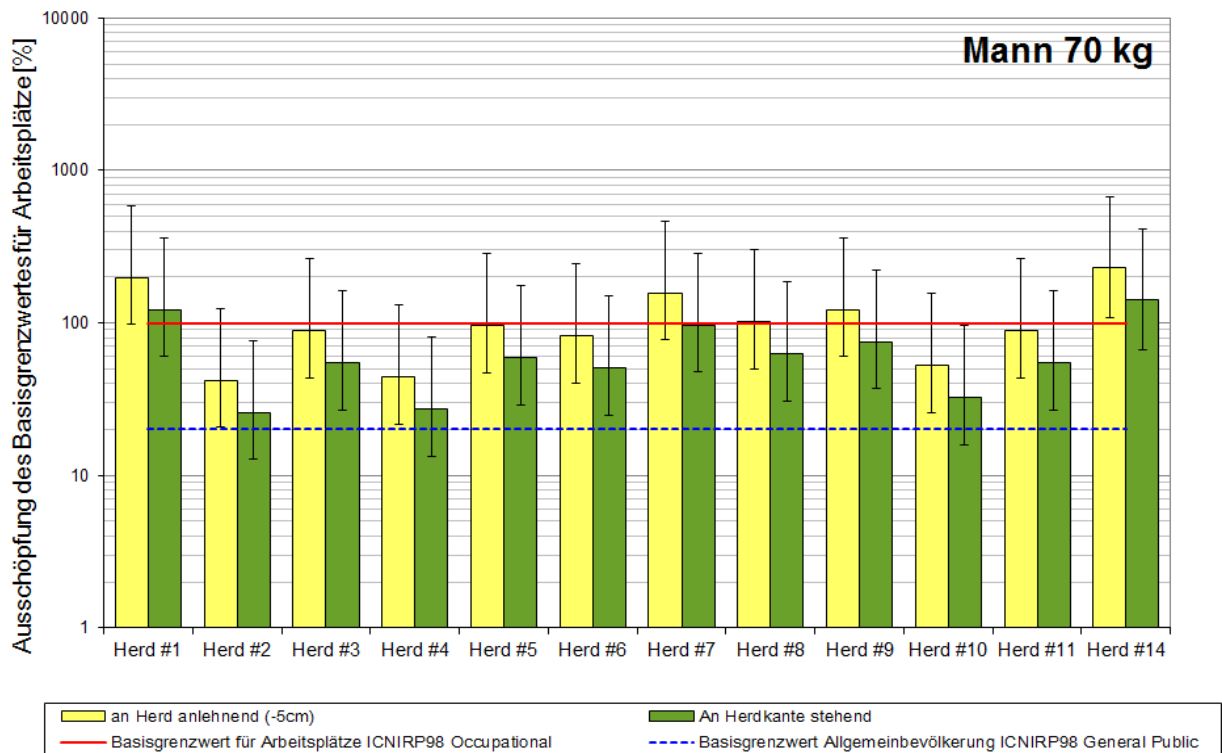


Abb. 8-3: Körperströme im Mann 70 kg; 100 % = Basisgrenzwert für Arbeitsplätze. GELB → an der Herdkante anlehnend (Bauch 5 cm näher zum Kochfeld), GRÜN → an Herdkante stehend

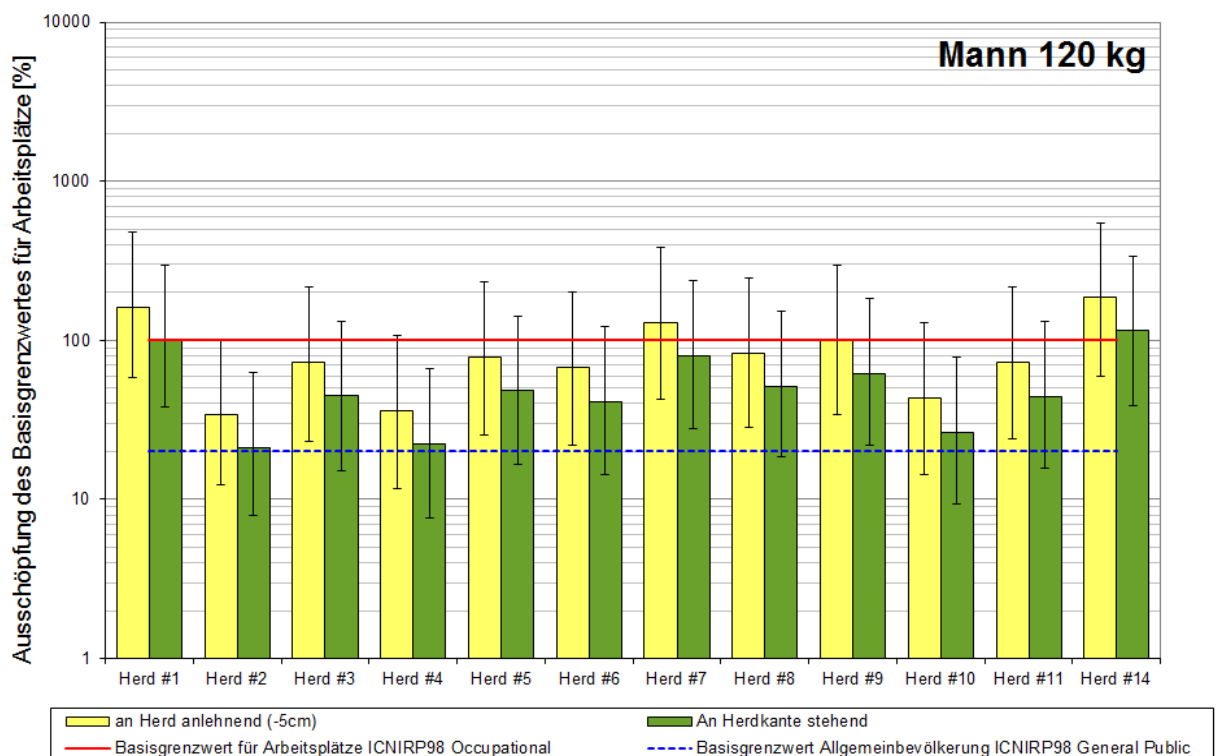


Abb. 8-4: Körperströme im Mann 120 kg. 100 % = Basisgrenzwert für Arbeitsplätze. GELB → an der Herdkante anlehnend (Bauch 5 cm näher zum Kochfeld), GRÜN → an Herdkante stehend

Abb. 8-5 zeigt die Körperströme in der männlichen Gonade. Die Gonade befindet sich im Hodensack und liegt somit etwas tiefer als der Beckenbereich. Die Magnetfeldbelastungen fallen auf dieser Höhe deshalb etwas geringer aus. Die Strahlungswerte unterlaufen bei allen Kochherden den Basisgrenzwert für Arbeitsplätze deutlich.

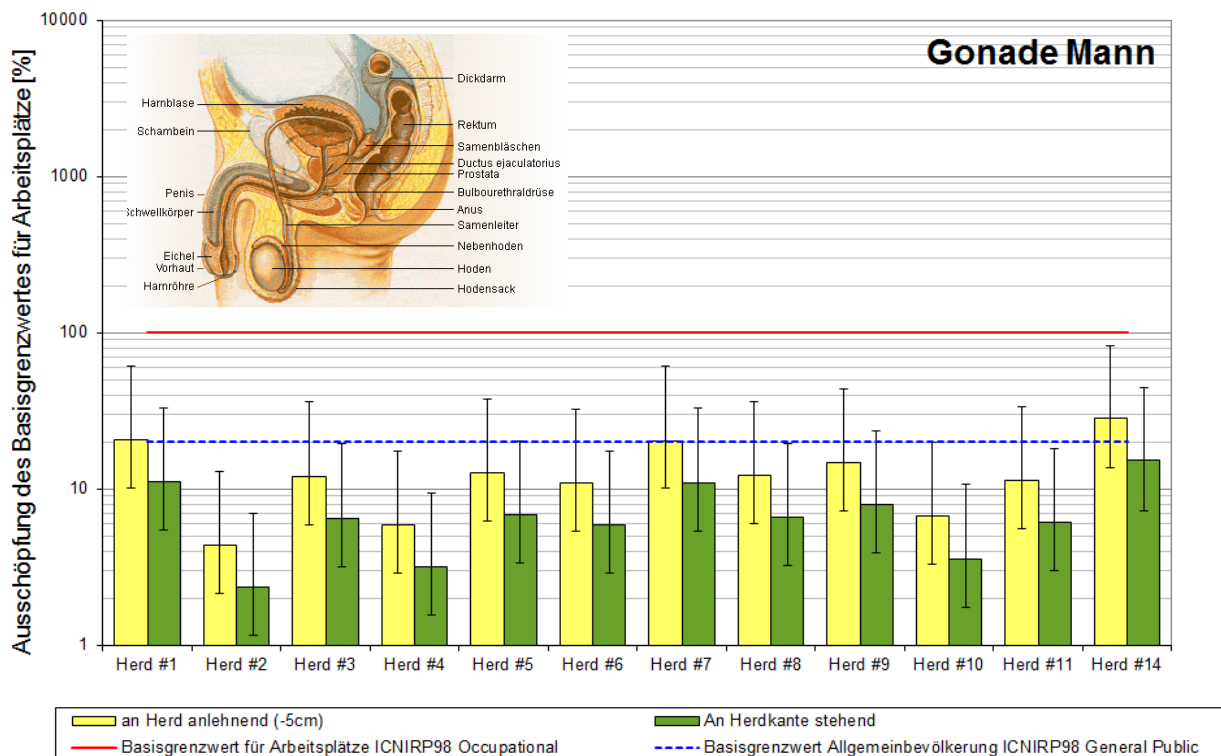


Abb. 8-5: Körperströme in der männlichen Gonade. 100 % = Basisgrenzwert für Arbeitsplätze.
GELB → an der Herdkante anlehnend (Bauch 5 cm näher zum Kochfeld), GRÜN → an der Herdkante stehend

8.3 Körperströme in einer schwangeren Köchin

Die Resultate der Körperströme in schwangeren Köchinnen werden nachfolgend auf die Basisgrenzwerte für Arbeitsplätze und für die Allgemeinbevölkerung bezogen.

8.3.1 Vergleich mit Basisgrenzwert für Arbeitsplätze (ICNIRP98 Occupational)

Die Körperströme in schwangeren Köchinnen im 9. Monat, die an der Herdkante stehen, erreichen oder überschreiten bei 4 von 12 Herden den Basisgrenzwert für Arbeitsplätze. Im Szenario, bei dem sich eine Köchin an den Herd lehnt und ihr Bauch sich dadurch um weitere 5 cm dem Kochfeld nähert, wird der Basisgrenzwert für Arbeitsplätze mehrheitlich erreicht oder überschritten (Abb. 8-6).

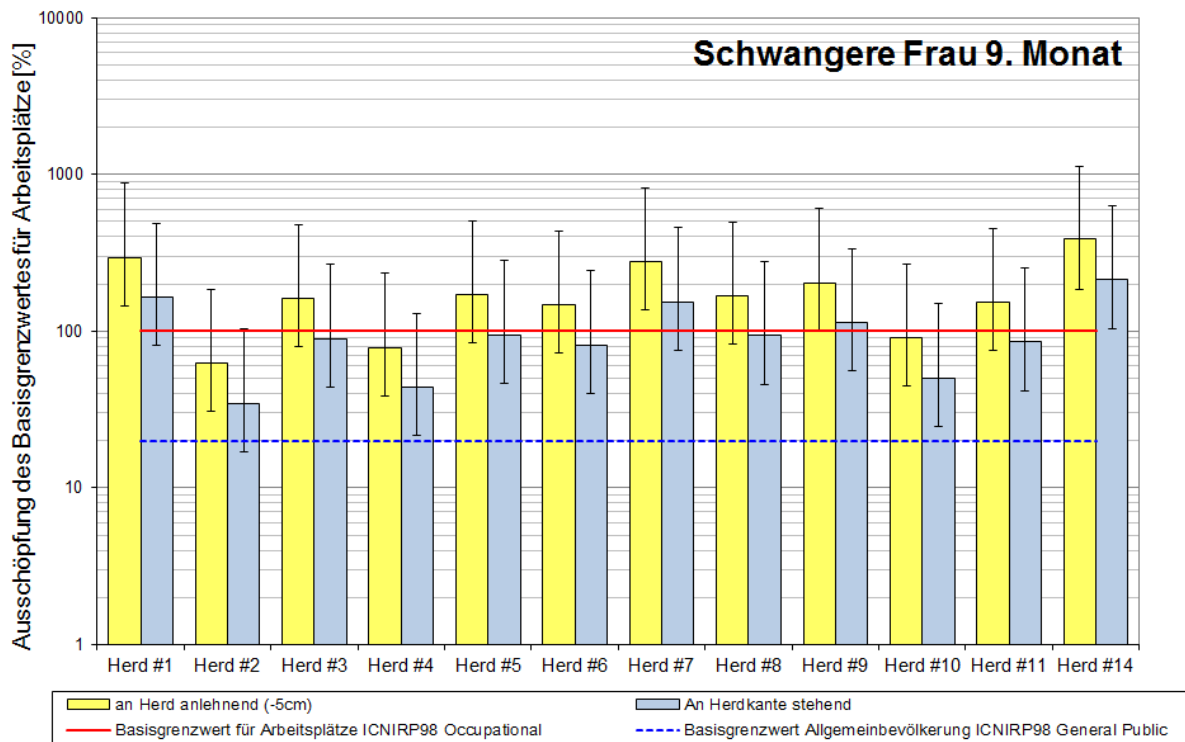


Abb. 8-6: Körperströme in schwangerer Arbeitnehmerin im 9. Monat. 100 % = Basisgrenzwert für Arbeitsplätze. GELB → an der Herdkante anlehnend (Bauch 5 cm näher zum Kochfeld), GRAU → an Herdkante stehend

Schwangere Frauen im siebten und dritten Monat sind schwächer belastet als schwangere Frauen im neunten Monat, dennoch sind zu diesen Zeitpunkten bei einzelnen Herden Überschreitungen des Basisgrenzwertes für Arbeitsplätze feststellbar (Abb. 8-7, Abb. 8-8).

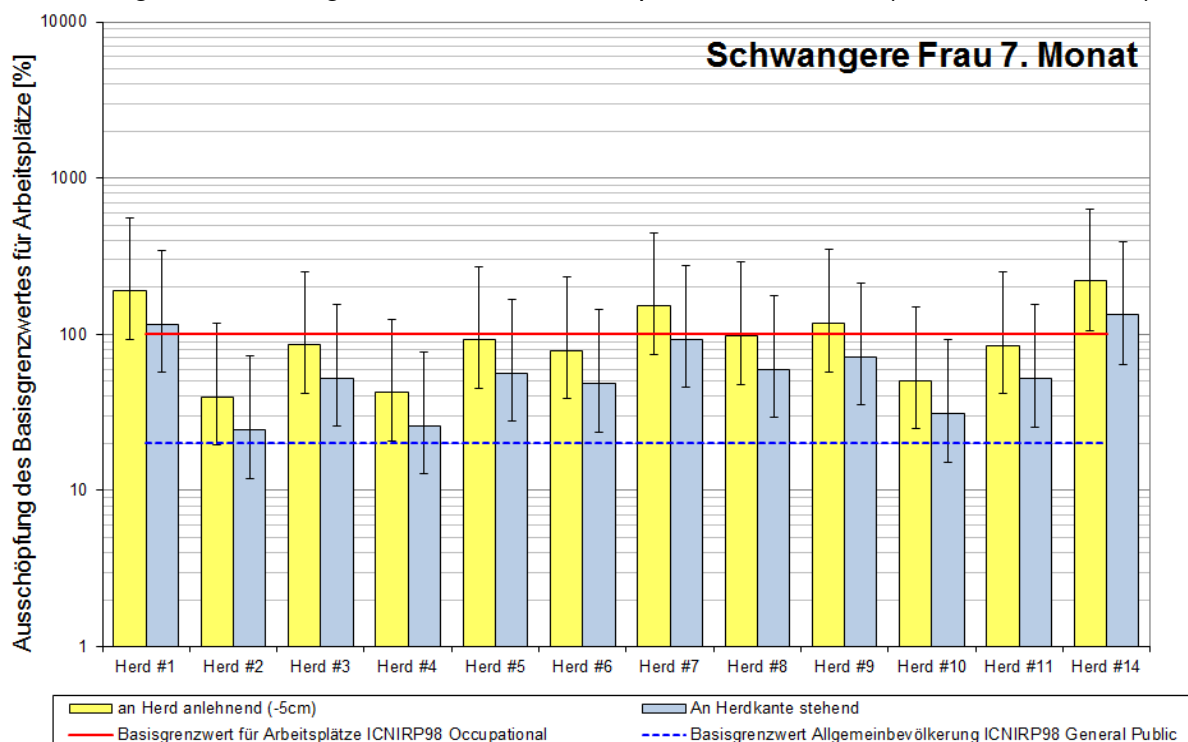


Abb. 8-7: Körperströme in schwangerer Arbeitnehmerin im 7. Monat. 100 % = Basisgrenzwert für Arbeitsplätze. GELB → an der Herdkante anlehnend (Bauch 5 cm näher zum Kochfeld), GRAU → an Herdkante stehend

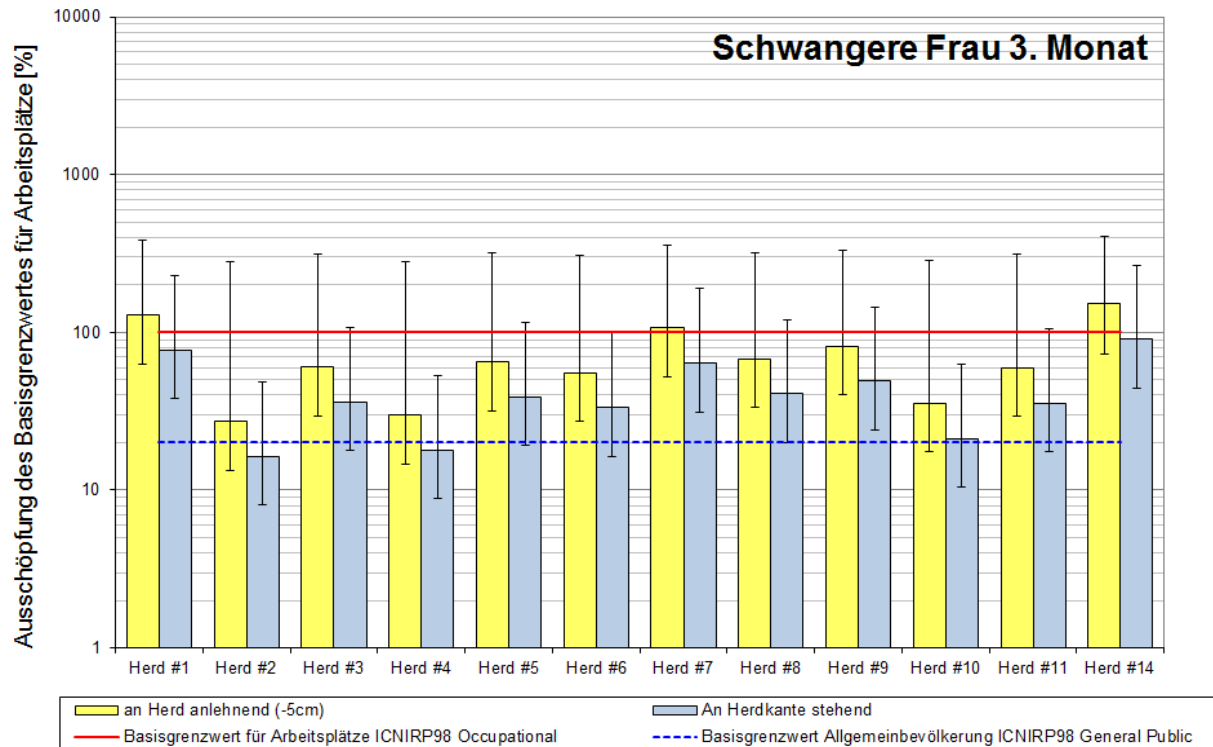


Abb. 8-8: Körperströme in schwangerer Arbeitnehmerin im 3. Monat. 100 % = Basisgrenzwert für Arbeitsplätze. GELB → an der Herdkante anlehnend (Bauch 5 cm näher zum Kochfeld), GRAU → an Herdkante stehend

8.3.2 Vergleich mit Basisgrenzwert für Allgemeinbevölkerung (ICNIRP98 General Public)

Werden die Körperströme im Körper mit dem strengeren Basisgrenzwert für die Allgemeinbevölkerung verglichen, zeigen sich grundsätzlich kritischere Belastungsverhältnisse. Die Körperströme in schwangeren Köchinnen, die an der Herdkante stehen oder an den Herd anlehnend (Bauchzone 5 cm näher am Kochfeld), überschreiten in den drei untersuchten Schwangerschaftsstadien in nahezu allen Fällen den Basisgrenzwert (Abb. 8-9 bis Abb. 8-11).

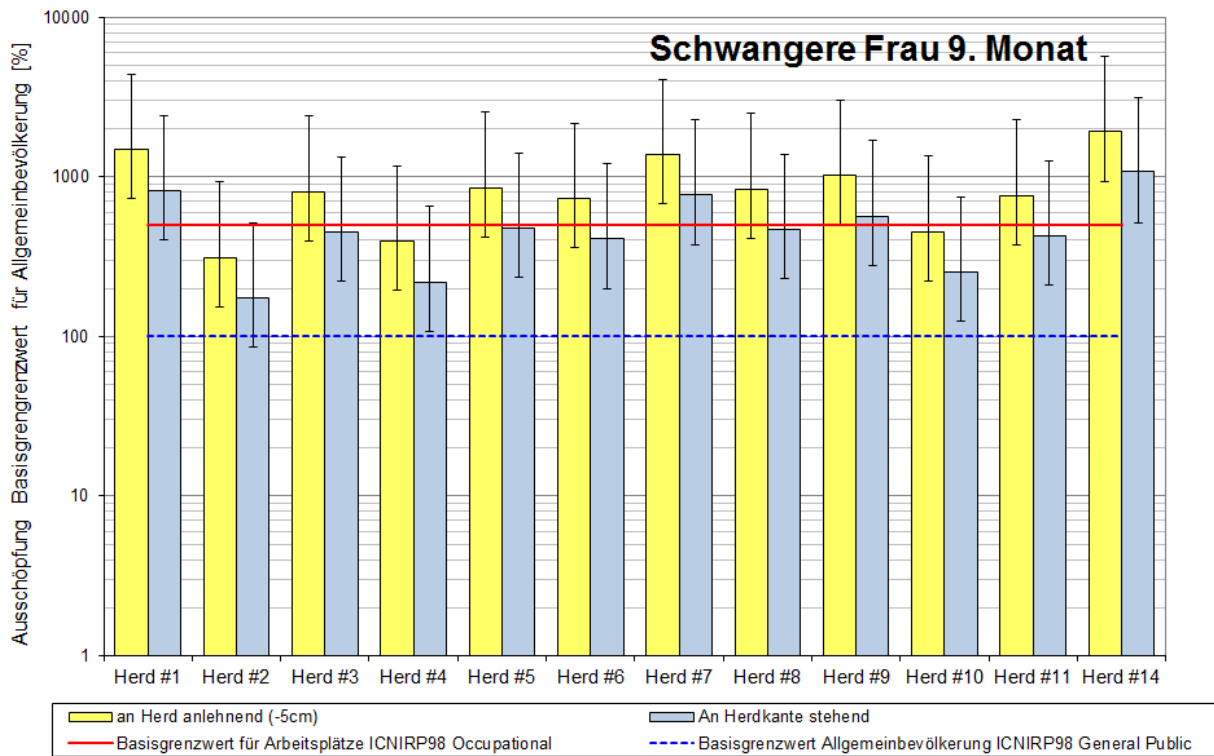


Abb. 8-9: Körperströme in schwangerer Arbeitnehmerin im 9. Monat. 100 % = Basisgrenzwert für die Allgemeinbevölkerung; GELB → an Herdkante anlehnend (Bauch 5 cm näher zum Kochfeld), GRAU → an Herdkante stehend

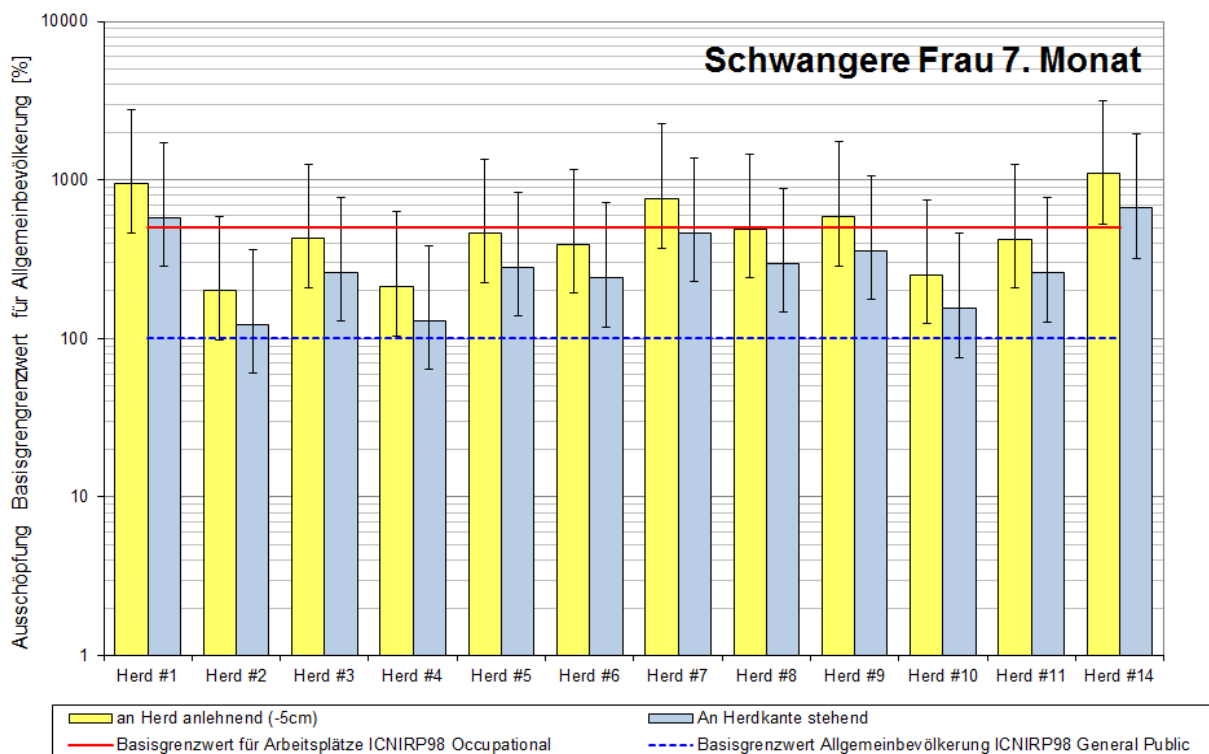


Abb. 8-10: Körperströme in schwangerer Arbeitnehmerin im 7. Monat. 100 % = Basisgrenzwert für die Allgemeinbevölkerung; GELB → an Herdkante anlehnend (Bauch 5 cm näher zum Kochfeld), GRAU → an Herdkante stehend

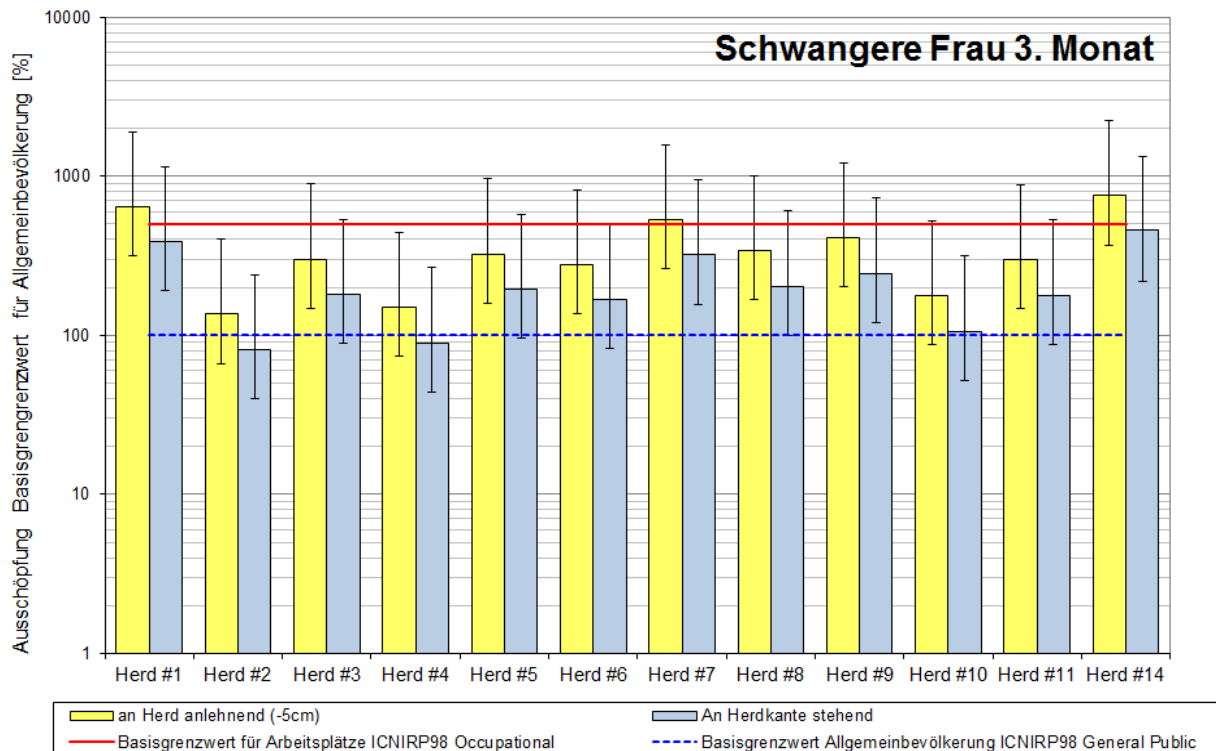


Abb. 8-11: Körperströme in schwangerer Arbeitnehmerin im 3. Monat. 100 % = Basisgrenzwert für die Allgemeinbevölkerung; GELB → an der Herdkante anlehnend (Bauch 5 cm näher zum Kochfeld), GRAU → an Herdkante stehend

8.4 Körperströme im ungeborenen Kind im Mutterleib

Die Resultate der Körperströme in Föten im dritten, siebten und neunten Monat werden nachfolgend auf die Basisgrenzwerte für Arbeitsplätze und auf die Basisgrenzwerte für die Allgemeinbevölkerung bezogen.

8.4.1 Vorbemerkung zur Entwicklung des ungeborenen Kindes während Schwangerschaft

Die kritische Phase der embryonalen Entwicklung, wie beispielsweise die Ausbildung der Organe, spielt sich in den ersten drei Monaten ab. Die computergestützte Simulation der Körperströme in Mutter und Fötus kann aber erst ab dem 3. Monat erfolgen, da sie sich auf Veränderungen der Bauchabmessungen und die Organe des Fötus abstützt. Deshalb werden folgende drei Zeiträume betrachtet:

3. Monat: Die Embryonalphase ist gegen Ende der 10. Schwangerschaftswoche abgeschlossen. Magen, Nieren und Leber nehmen ihre Funktion auf. Muskeln und Nerven reifen, die Bewegungen sind ausgeprägter und besser koordiniert.

7. Monat: Das Kind wächst deutlich und erreicht gegenüber dem Vormonat eine Gewichtsverdoppelung (Länge ca. 42 cm, Gewicht ca. 1'800 g). Es reagiert auf Aussenbedingungen (z.B. Geräusche), seine Geschmackssinne funktionieren.

9. Monat: Gehirnaktivität, Bewusstsein, Sehvermögen sind vorhanden und die Organe ausgebildet, Lunge bereit zum Atmen (Länge ca. 51 cm, Gewicht ca. 3'300 g) (Abb. 8-12).

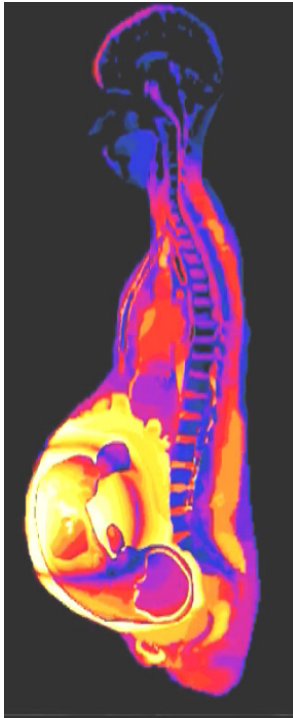


Abb. 8-12: Fötus im 8. Monat im Mutterleib. Quelle: IT'IS

8.4.2 Resultate: Magnetfeld-Belastungen der Föten

Die Körperströme in einem Fötus im neunten Monat, dessen Mutter an der Herdkante steht, überschreiten in keinem Fall den Basisgrenzwert für Arbeitsplätze (Abb. 8-13 bis Abb. 8-15), starke Belastungen treten jedoch bei den Herden #1, #7 und #14 auf. Falls sich die Mutter an den Herd anlehnt, überschreiten die Körperströme des Fötus bei drei Herden (Herd #1, #7, #14, Abb. 8-13) den Basisgrenzwert für Arbeitsplätze. Im siebten und im dritten Monat wird der Basisgrenzwert für Arbeitsplätze eingehalten (Abb. 8-14, Abb. 8-15).

Das Bild ändert sich, wenn die Körperströme mit dem fünffach strengeren Basisgrenzwert für die Allgemeinbevölkerung verglichen werden. Dieser Grenzwert ist bei neun Monate alten Föten bei der Mehrzahl der Herde teilweise deutlich überschritten (Abb. 8-13), bei 7 Monate alten Föten bei mehreren Herden überschritten (Abb. 8-14) und bei drei Monate alten Föten dagegen eingehalten (Abb. 8-15).

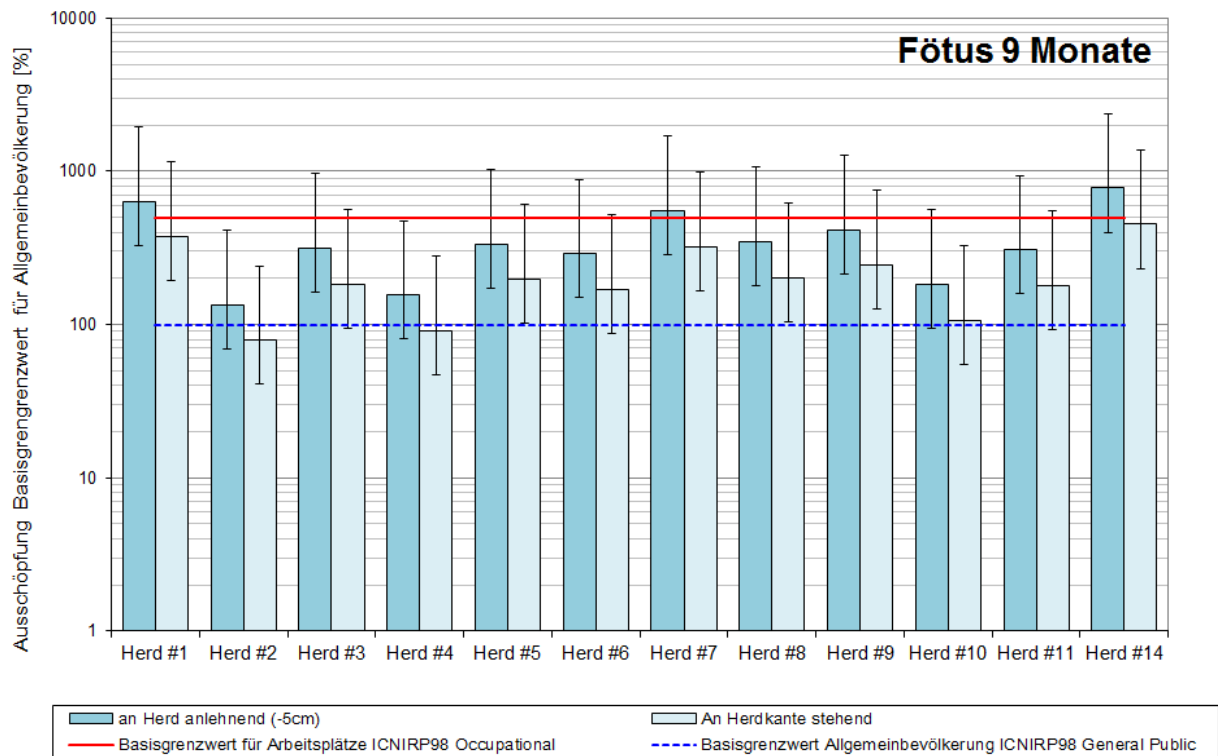


Abb. 8-13: Körperströme im Fötus im 9. Monat. 100 % = Basisgrenzwert für die Allgemeinbevölkerung;
BLAU → an der Herdkante anlehnend (Bauch 5 cm näher zum Kochfeld), GRAU → an Herdkante stehend

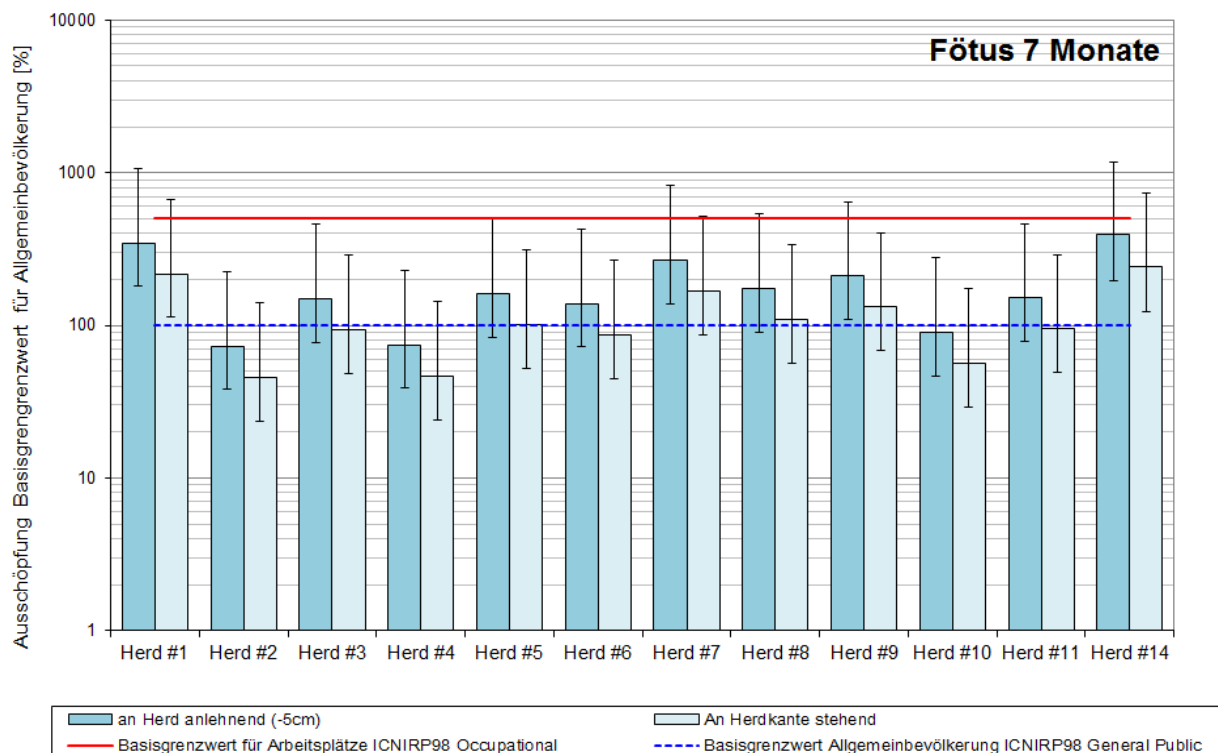


Abb. 8-14: Körperströme im Fötus im 7. Monat. 100 % = Basisgrenzwert für die Allgemeinbevölkerung;
BLAU → an der Herdkante anlehnend (Bauch 5 cm näher zum Kochfeld), GRAU → an Herdkante stehend

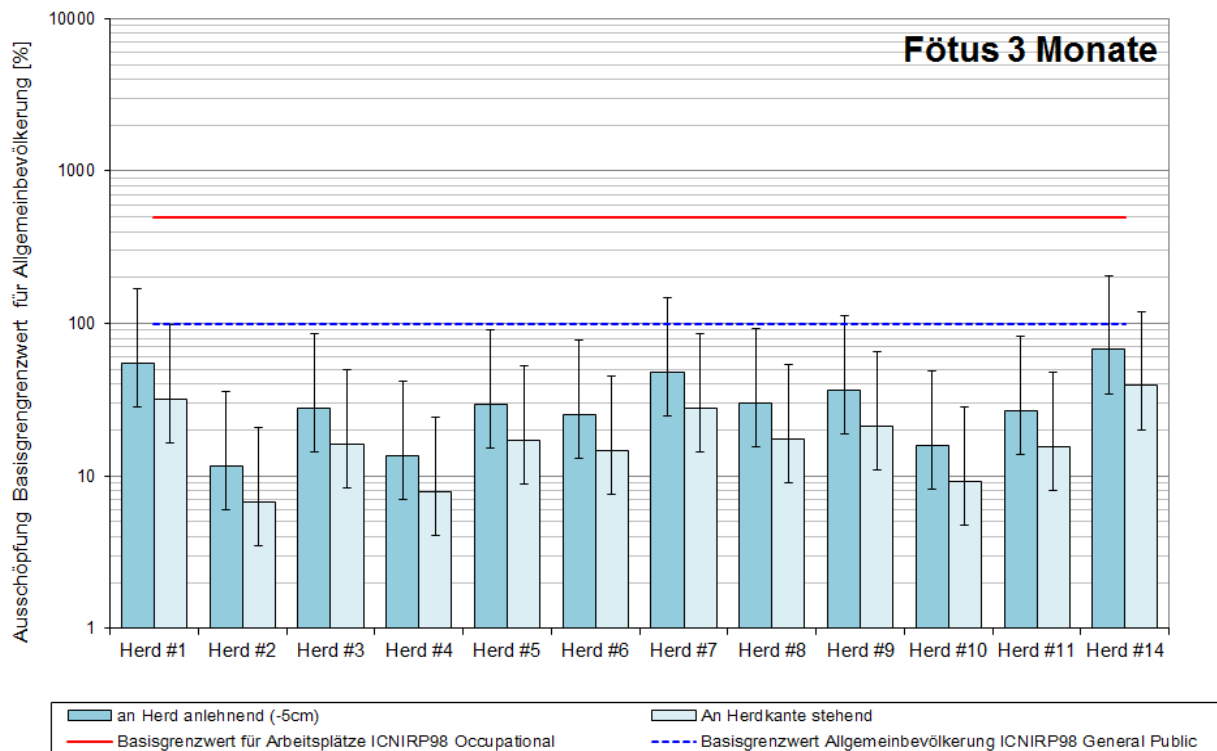


Abb. 8-15: Körperströme im Fötus im 3. Monat. 100 % = Basisgrenzwert für die Allgemeinbevölkerung;
BLAU → an der Herdkante anlehnend (Bauch 5 cm näher zum Kochfeld), GRAU → an Herdkante stehend

Hält sich die schwangere Köchin im Gehabstand von 30 cm zur Kochherdkante auf, sind die strengeren Grenzwerte für die Allgemeinbevölkerung für Föten in allen Fällen eingehalten. Die Magnetfeldbelastung im Gehabstand ist daher unkritisch.

Unterschiedliche Resultate bei schwangeren Frauen und Föten

Die Einhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes für Körperströme bei schwangeren Köchinnen garantiert nicht, dass ihre Föten nicht überbelastet sind. Insbesondere im siebten und neunten Schwangerschaftsmonat übersteigen die Körperströme in Föten den Basisgrenzwert für die Allgemeinbevölkerung (Abb. 8-13, Abb. 8-14), auch wenn die Körperströme in ihren Müttern den weniger strengen Basisgrenzwert für Arbeitsplätze einhalten (Abb. 8-6, Abb. 8-7).

9. MAGNETFELD-ABSCHIRMUNG BEI INDUKTIONSKOCHFELDERN

9.1 Möglichkeiten der Abschirmung

Die heutigen Induktionskochfelder weisen nach wie vor erhöhte Magnetfeldstärken als Streustrahlung in Form von Hotspots auf und schliessen dadurch den Unterbauch- und Beckenbereich mit ein. Für die schwangere Frau ist dies die kritische Zone. Eine simple Abstandvergrösserung der Herdkante zum Kochfeldeinsatz führt zu ungünstiger Körperhaltung und ist deshalb kein praktikabler Lösungsvorschlag. Als mögliche technische Massnahme wurde die Magnetfeldabschirmung geprüft.

Zur Abschirmung magnetischer Felder werden meist Blechmaterialien aus sogenannten Mu-Metallen verwendet. Mu-Metalle sind weichmagnetische Nickel-Eisen-Legierungen (ca. 75–80 % Nickel), die eine hohe relative magnetische Permeabilität [μ_r] aufweisen. Diese haben im schlussgeglühten Zustand typischerweise Werte von $\mu_r \geq 100'000$. Der sich daraus ergebende magnetische Widerstand ist im Vergleich mit der freien Umgebung sehr niedrig. Umgibt man einen Magneten mit einem solchen Metall, konzentriert sich der magnetische Fluss darin und tritt lediglich zu einem geringen Anteil auf der aussenliegenden Seite wieder aus (Abb. 9-1). Die Form des den Magneten umgebenden Mu-Metalls ist praktisch nicht von Bedeutung. Soll nur einseitig geschirmt werden, kann auch ein auf einer Seite montiertes Blech verwendet werden, wie die nachfolgenden Versuche gezeigt haben (Kap. 9.2).

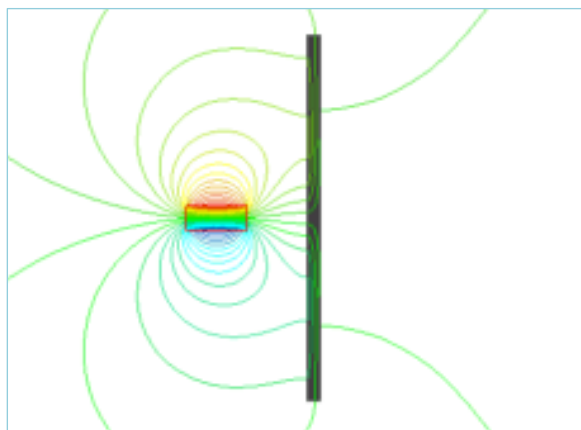


Abb. 9-1: Schematischer Feldlinienverlauf und Abschirmwand (Quelle: www.coolmagnetman.com)

In Zusammenarbeit mit der Firma Systron EMV GmbH wurden einfache und umsetzbare technische Lösungsmöglichkeiten erprobt und ausgearbeitet, welche den Herstellern erlauben sollen, nachträgliche Umrüstungen bei bestehenden Herdsystemen in Gastroküchen vorzunehmen bzw. neuartige Abschirmungen in neue Induktionskochsysteme als integrierender Bestandteil anzubieten.

Die Abschirmungsmessungen verfolgten das Ziel, die Magnetfelder bei maximaler Leistung des Kochfeldes (höchste Kochstufe) auf die Grössenordnung des Grenzwertes für die Allgemeinbevölkerung ICNIRP98 zu begrenzen.

9.2 Ergebnisse der Reduktion niederfrequenter Magnetfelder an Induktionskochherden

Magnetfeldreduktion

Um die Machbarkeit zu prüfen, ob die magnetischen Streufelder auf die geforderten Grössenordnung auf unter 7-10 Microtesla (20 kHz) begrenzt werden können, wurden an verschiedenen Induktionsherden Testreihen mit unterschiedlichsten Abschirmmaterialien in verschiedenen Bauformen und Abmessungen durchgeführt.

Insbesondere wurden Tests mit elektrisch leitenden, magnetisch leitenden (permeablen) und der Kombination beider Materialien durchgeführt. Als Vertreter der elektrisch leitenden Materialien wurden Aluminium und Kupfer verwendet, für die magnetisch leitenden Materialien wurden Silizium-Eisen (SiFe) und 80%-Nickel-Eisen (NiFe) verwendet. Tests mit NiFe wurden mit unterschiedlichen Qualitäten in ein- und mehrlagiger Ausführung durchgeführt.

Die besten Feldreduktionsergebnisse wurden mit NiFe erzielt, wobei die Position der Abschirmung an der Herdkante wesentlich für deren Wirkung verantwortlich ist. Allgemein konnte festgestellt werden, dass die Abschirmung auf der Höhe des Hotspot platziert zur stärksten Feldreduktion führt (Abb. 9-2).



Abb. 9-2: Herd #9 mit NiFe-Blechabschirmung 110x380mm; Messung am Hotspot; die Feldstärke wird bei max. Leistungsstufe am Hotspot von 26.5 μ T auf ca. 8 μ T reduziert (- 30-35%).

Wird der Schirm nicht an der Herdkante, sondern näher zum Kochfeldeinsatz platziert, so nimmt die Abschirmwirkung wiederum ab.



Unterhalb der Herdkante resultiert ebenfalls keine massgebliche Reduktion der Feldstärke. Das beste Ergebnis wird erzielt, wenn der Schirm direkt an der Herdkante positioniert wird. Das bedeutet für die Praxis, dass das Schild möglichst direkt den Strahl des Hotspot abdecken muss (Abb. 9-2). Der Hotspot liegt aufgrund der Messungen immer in der Spulenachse des Kochfeldes und der Strahl ca. 0 bis max. 10 cm über der Herdoberkante.

Tab. 9-1 zeigt einige Resultate der Abschirmversuche mit der Firma Systron EMV GmbH. In Chromstahl eingeschweisstes NiFe-Blech zeigte die beste Abschirmungswirkung. Die Positionierung des Schirmbleches ist an der Herdbrüstung am effektivsten, wobei höhere Bleche eine bessere Schirmung ergeben. Die Magnetflussdichte lässt sich bis auf 15% des Ausgangswertes reduzieren und liegt damit im Bereich des Grenzwertes für die Allgemeinbevölkerung ICNIRP98:

Messanordnung	Verschiedene Abschirmmaterialien im Vergleich: Magnetflussdichten ohne und mit Abschirmung		
	NiFe Rohblech 0.5mm	Cr NiFe Cr Sandwich mit Chrom- stahlblech 0.5mm aussen	Andere Materialien: Al, Chromstahl, Cu, SiFe, SiFeCo (Vitrovac®)
→ Abb. 9-2 (am Hotspot) (Höhe in cm oberhalb der Herdkante)			
Abschirmblech Höhe 11cm	9.7 μ T	8.0 μ T	Deutlich geringere Ab- schirmungsbeiträge.
Abschirmblech Höhe 14cm	6.6 μ T	4.6 μ T	
Abschirmblech Höhe 17cm	5.4 μ T	4.0 μT	
Hotspot ohne Abschirmung	26-30 μ T		

Tab. 9-1: Messung am ausfokussierten Hotspot am Beispiel von Herd #9 mit 2-Spulen-Kochfeld.

Abhängig vom Herdtypus sollte die Blechhöhe mindestens 110 mm betragen (Anordnung gemäss Abb. 9-2) und die Blechbreite der Kochfeldbreite angepasst sein (mind. 350 mm).

Magnetfeld-Abschirmungen mit Blechen führen unweigerlich zu einem für die Köche ungewohnten «Aufbau» am Herd. Aus diesem Grund wurden verschiedene wichtige Anforderungen aufgestellt, die in Kap. 10.2.5 beschrieben sind.



10. DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

10.1 EMF-Belastungen beim Induktionskochen

Die Messungen an professionellen Induktionskochherden haben gezeigt, dass die Magnetfelder an den Herdkanten in einigen Fällen die Arbeitsplatzgrenze erreichen oder gar überschreiten. Starke Felder sind insbesondere im Unterbauch- und Lendenbereich vorhanden oder können bei Beugehaltungen am ganzen Oberkörper entstehen. Die Magnetfeldmessung direkt an der Kochherdkante hat sich als praxisbezogen erwiesen, denn systematische Beobachtungen in den von uns untersuchten Küchen haben gezeigt, dass das an Kochherden arbeitende Personal bis zu einem Drittel der Kochzeit direkt am Herd steht.

Einen besonderen Stellenwert nehmen schwangere Köchinnen ein, da sie auf Grund ihrer Statur gezwungen sind, sehr nahe am Kochherd zu stehen. Da die schweizerische Mutterschutzverordnung keinen expliziten Magnetfeld-Grenzwert für schwangere Arbeitnehmerinnen vorsieht, wurden die professionellen Induktionskochherde mit dem Referenzwert für die Allgemeinbevölkerung (ICNIRP98 General Public) beurteilt [2], um den Schutz der Föten sowie der Mutter abzusichern. Dieser Wert wird von fast allen Herden erreicht oder sogar beträchtlich überschritten.

Die Modellierungen (Kap. 8) zeigen, dass die Streufelder in Personen erhöhte Körperströme erzeugen, die den Basisgrenzwert für Arbeitsplätze teilweise erreichen oder überschreiten. Der strengere Basisgrenzwert für die Allgemeinbevölkerung, der speziell empfindliche Bevölkerungsgruppen wie z.B. Kinder schützen soll, ist insbesondere für werdende Mütter und ihre ungeborene Kinder bei vielen Kochherden überschritten.

Diese Grenzwertüberschreitungen müssen insbesondere unter den Erkenntnissen der Internationalen Krebsagentur IARC betrachtet werden, die bereits weitaus schwächere niederfrequente Magnetfelder infolge eines erhöhten Kinderleukämierisikos als möglicherweise kancerogen bezeichnet hat [4]. Im Hinblick auf den Schutz der werdenden Mütter und der ungeborenen Kinder müssen die Streufelder bei heutigen professionellen Induktionskochherden minimiert werden.

Aus den Resultaten ist im Weiteren ersichtlich, dass mit gewissen Konstruktionsformen von Induktionskochherden zumindest der Basisgrenzwert für Arbeitsplätze eingehalten werden kann (Herde #2, #4, #10, Abb. 8-2 bis 8-8).



Zusammengefasst sind folgende Personengruppen gefährdet:

- Schwangere Arbeitnehmerinnen,
- Personen mit Herz-Kreislauf-Problemen (Träger von aktiven medizinischen Implantaten AIMD: HSM und ICD sind am wichtigsten),
- Personen mit passiven medizinischen Metallimplantaten,
- Personen mit Piercings im Körperrumpf (Bauch, Becken, Hüfte),
- Kinder und Jugendliche deren Kopfhöhe auf Induktionskochfeldhöhe 90 cm liegt.

10.2 Spezifische Anforderungen an die Induktionskochherde

10.2.1 Induktionskochen verlangt spezielle Pfannen

- Induktionskochherde erzeugen Magnetfeldbelastungen, die insbesondere in Situationen auftreten, wenn Pfannentyp, -grösse und -position nicht den Kochfeldern entspricht.
- Nur spezielle, für Induktionskochherde konstruierte Pfannen wandeln die Energie der Magnetfelder in ihrem Pfannenboden optimal in Wärme um und können die Vorteile dieser Herde voll ausnutzen. Diese Pfannen sind entsprechend gekennzeichnet.
- Um die Heizenergie optimal zu übertragen, müssen die Pfannen auf den Induktionskochherd elektrisch abgestimmt sein, denn Pfannen und Herd bilden einen elektrischen Schwingkreis, der bei einer bestimmten Arbeitsfrequenz die Energie optimal überträgt. Entsprechende Empfehlungen der Herdhersteller für geeignete Pfannenprodukte tragen diesem Umstand Rechnung.
- Induktionskochherde verfügen heutzutage über eine "intelligente" Leistungselektronik, welche die Energie für die Erzeugung der Magnetfelder aufbereitet. Bei ungenügender Kühlung der Elektronik erbringen die Kochherde bei höchster Kochstufe nicht mehr die Maximalleistung.

10.2.2 Abschirmungen: Empfehlungen

Eine magnetische Abschirmung im Bereich des Hotspot ist aufgrund der Tests an der Herdkante am effizientesten. Mit geeigneten Schirmmaterialien (NiFe) lassen sich die Magnetfelder am Hotspot auf weniger als 10 μ T reduzieren.

Das bedeutet für die Praxis, dass die Abschirmung, ähnlich einem Schild, vor dem Hotspot platziert werden muss. Abhängig vom Herd müssen die Abmessungen der Abschirmung mindestens 350 mm in der Breite und zwischen 110 mm bis 140 mm in der Höhe betragen. Die-



se Abmessungen führen unweigerlich zu einem für die Köche ungewohnten «Aufbau» am Herd. Aus diesem Grund wurden verschiedene wichtige Anforderungen aufgestellt:

Praxisanforderungen

In der Praxis stellen sich neben der Hauptfunktion der Begrenzung der Magnetfelder verschiedene weitere Anforderungen an eine Abschirmung:

- Die Abschirmung soll nicht-/wenig hindernd sein,
- Der Schirm soll am Tisch an-/abklippbar oder flexibel über ein Schienensystem an der Herdkante schiebefähig sein,
- Die Abschirmung muss stabil sein und auch Stürze überleben,
- Die Abschirmung darf zu keinen Verletzungen führen,
- Die Abschirmung muss abwaschbar und hitzebeständig sein für die Reinigung im Spüler.
- NiFe ist ein recht korrosionsbeständiges Schirmmaterial (im Gegensatz zu Silicium-Ferrit SiFe), besitzt jedoch wenig Eigenstabilität und muss vor Beschädigungen (Verbiegen, Schläge) mechanisch geschützt werden (→ Lamine aus NiFe und rostfreiem Blech).

10.2.3 Ableitströme bei Induktionskochherden

Ableitströme bei Induktionskochsystemen sind Teil der elektrischen Sicherheit. Sie sind vom ESTI als Vollzugsbehörde auf der Grundlage der bestehenden Normen (SN EN 60335 und Unternormen) zu beurteilen. Diese Organisation wurde im Laufe der Studie über die Resultate informiert und eine Überprüfung ist vorgesehen. Nach Auskunft der Electrosuisse SEV stellen die bei Induktionskochfeldern auftretenden Ableitströme auf Grund der tiefen Spannungen von wenigen Volt keine Gefährdung dar, weil der Mensch einen hohen Innenwiderstand im Kiloohm-Bereich hat.

Steht das Kochgefäss bei vorgesehener Verwendung ohne Kontakt zur geerdeten Chromstahl-Herdabdeckung, so entstehen erfahrungsgemäss nur minimale Ableitströme von wenigen Milliampere. Beim Berühren der Metallpfanne oder der metallischen Rührhilfe in der Pfanne sind diese niedrigen Stromflüsse nur selten als Elektrisierung spürbar, obwohl Ableitströme von einigen Milliampere über die Hand und den Arm zur geerdeten Herdabdeckung fließen können.

Berührt eine beheizte Pfanne jedoch die leitende Herdabdeckung (z.B. überlange Wannen), so können wesentlich höhere Stromflüsse bis zu mehreren hundert mA auftreten, die beim Berühren des Kochgefässes nicht spürbar sind. Hohe Ausgleichsströme bis zu mehreren Ampere fließen jedoch dann, wenn sich zwei überlange Kochgefässe auf benachbarten Kochfeldern zufällig berühren. Dies kann zu Funkenbildung und punktueller Rotglutbildung



führen (siehe Kap. 3.3.2). Solche Stromflüsse beschädigen oder zerstören Pfannen und Kochgefässe und führen zu bleibenden Hitzeverfärbungen.

Fazit: das Kochgeschirr darf aus diesen Gründen beim Betrieb der Induktionskochfelder die elektrisch leitende Herdabdeckung (Chromstahl) nicht berühren, d.h. das Induktionsfeld muss geringfügig höher liegen als die geerdete Abdeckung. Zudem sollte das Geschirr keine zu lange Bauform haben.

10.2.4 Elektrostatische Aufladungen

Beim Berühren des Kochgeschirrs kann es wegen des elektrischen Feldes zwischen Spule und Pfanne zu einer elektrischen Aufladung des Behälters kommen. Sobald das Kochgeschirr und geerdete Strukturen in der Küche berührt werden, können elektrostatische Entladungen in Form einer Elektrisierung auftreten, die zwar belästigend aber doch völlig ungefährlich sind. In «Nasszellen» wie z.B. Küchen mit feuchter Atmosphäre kommt dieses Phänomen in der Praxis nicht vor. Die Hersteller verweisen jedoch auf diesen Vorsichtspunkt.

Moderne Induktionskochfelder haben eine Abschirmung für das elektrische Feld in Form einer geerdeten Graphitschicht auf der Unterseite der Keramik-Platte. Dadurch wird die erzeugte elektrische Feldstärke sehr gering gehalten, so dass Elektrisierungen und Ableitströme nicht mehr auftreten.

10.2.5 Betriebsanleitungen: Sicherheits- und Anwenderinformationen

Die begutachteten Installations- und Bedienungsanleitungen mehrerer Hersteller von Induktionskochherden und -geräten liefern ein uneinheitliches Bild bezüglich wichtiger Sicherheitshinweise, die teilweise fehlen. Auch Angaben zur richtigen Anwendung und Kochtechnik sind unvollständig.

Nach Auffassung der Aufsichtsbehörden muss der Hersteller in den Betriebsanweisungen die notwendigen Angaben für den sicheren Betrieb beschreiben, auf das Auftreten elektromagnetischer Felder und Ableitströme hinweisen sowie entsprechende Schutzmassnahmen aufzuführen. Der Hinweis auf die massgebenden aktuellen Schweizer Normen und die beruflichen Grenzwerte (Suva) wird ebenfalls empfohlen.

Es wird empfohlen, die folgende wichtige Sicherheits- und Anwendungshinweise in Betriebsanleitungen von Induktionskochherden und -geräten aufzunehmen:



Hinweise bezüglich Magnetfeldbelastungen



- Herzschrittmacher-Warnung: in unmittelbarer Nähe der eingeschalteten Kochzone bestehen starke EMF; diese können u.U. den HSM deaktivieren, manipulieren oder ICD aktivieren (Gesundheitsgefahr). Falls ein Interferenzrisiko mit aktiven medizinischen Implantaten nicht ausgeschlossen werden kann, ist der Induktionskochherd mit einem Herzschrittmacherverbotszeichen zu kennzeichnen.
- Mitarbeitende, die beruflich mit Induktionskochsystemen arbeiten, sollen vom Arbeitgeber über mögliche Risiken für Träger von aktiven medizinischen Implantaten (HSM, ICD) informiert werden.
- Träger von mit aktiven medizinischen Implantaten (HSM, ICD) sollen ihren Hausarzt darüber informieren, wenn sie beruflich an Induktionskochherden arbeiten.
- Beim Berühren des Kochgeschirrs kann es wegen des elektrischen Feldes zwischen Spule und Pfanne zu einer elektrischen Aufladung des Behälters kommen. Bei Berührung des Kochgeschirrs und geerdeter Strukturen können elektrostatische Entladungen in Form einer spürbaren Elektrisierung auftreten, die zwar belästigend aber ungefährlich sind.
- Magnetisierbare Gegenstände wie z.B. Kreditkarten, Datenträger, Uhren können in unmittelbarer Nähe (z.B. in der Hosentasche) beschädigt werden.
- Zur Reduktion des magnetischen Wechselfeldes kann eine Magnetfeldabschirmung an der Kochherdbrüstung angebracht werden (z.B. analog Kinderschutzgitter).

Hinweise bezüglich Ableitströmen

- Rührhilfen wie z.B. Kochlöffel aus Metall, Schwingbesen mit Metallgriffen sollten beim Betrieb der Induktionskochfelder nicht verwendet werden (Abhilfe: elektrisch isolierende Kunststoffgriffe).
- Beim gleichzeitigen Kochen mit mehreren Pfannen soll darauf geachtet werden, dass möglichst kein überdimensioniertes Kochgeschirr eingesetzt wird, welches sich gegenseitig berühren kann. Griffe benachbarter Pfannen sollten sich nicht berühren um eine zu starke Erhitzung der Pfanne und eine Verbrennungsgefahr als Folge unerwünschter Ausgleichsströme zu vermeiden.

Hinweise bezüglich der elektrischen Sicherheit

- Der Induktionskochherd muss gemäss Installationsanleitung und Normen (insbesondere SN EN 60335 und Unternormen) korrekt geerdet und – zusätzlich zur Erdung mit Netzschutzleiter – mit einem separaten Erdleiter (Potential-Ausgleichsleiter) verbunden sein.



Diese parallele Erdung ist als doppelte Sicherheit für diejenigen Geräte vorgeschrieben, welche sogenannte Ableitströme verursachen.

- Erdungen sind durch eine Elektroinstallationsfirma vor Inbetriebnahme prüfen lassen.

Hinweise bezüglich optimaler Kochtechniken

- Das Kochgeschirr muss für das Induktionskochen geeignet sein (Kennzeichnung).
- Die Grösse des Kochgeschirrs ist möglichst der Heizzone auf dem Induktionskochfeld anzupassen.
- Kochgeschirr möglichst auf Kochfeld zentrieren (Magnetfeld gut abdecken)
- Kochgeschirr mit zu kleinen Abmessungen (< 12cm) soll durch moderne Heizregelungen ignoriert und nicht aufgeheizt werden. Diese Sicherheitsvorkehrung verhindert, dass kleine Metallgegenstände (z.B. Besteck) erhitzt werden (Verbrennungsgefahr).
- Griffe von Pfannen und Töpfen sollten sich möglichst immer ausserhalb vom Induktionskochfeld befinden, damit sie sich nicht erhitzen können.
- Zur vorsorglichen Vermeidung starker Magnetfelder an der Herdkante sollten hintere Kochfelder eher für maximale Heizstufen und vordere Felder eher für schwaches Kochen bis zur mittlere Heizstufe eingesetzt werden.
- Leerkochen des Kochgeschirrs unbedingt vermeiden (Beschädigungen der Pfanne und des Kochfeldes).
- Kein schadhaftes Kochgeschirr (z.B. Pfannen mit gewölbten Böden) verwenden, weil dieses zu stärkeren Magnetfeldbelastungen führt. Schadhafte Pfannen sollten deshalb entsorgt werden.

10.3 Bemerkungen zur den Normen SN EN 62233 und IEC 62233

Gemäss dieser Normen sind Magnetfelder von privaten Induktionskochherden im Abstand von 30 cm zum Gerät bzw. zum Kochfeldeinsatz (Kap. 4.1) mit zentriert auf dem Kochfeld stehender Pfanne zu messen. Die Studie hat gezeigt, dass diese Annahmen nicht der Praxis in Gastronomieküchen entsprechen, da:

- Köchinnen und Köche meist direkt an der Kochherdkante stehen und den vorgesehenen Abstand von 30 cm zum Gerät nicht einhalten,
- die Pfannen oft nicht zentriert auf den Kochfeldern positioniert sind,
- die Arbeitsplatzgrenzwerte der Suva bei üblicher Arbeitsposition, d.h. an der Herdkante nicht jederzeit eingehalten werden,



- bei schwangeren Arbeitnehmerinnen der Referenzwert für die Allgemeinbevölkerung (ICNIRP98 General Public) bei üblicher Arbeitsposition, d.h. an der Herdkante stehend, nicht jederzeit eingehalten werden kann.

Aus diesen Gründen erfüllt die Norm die Gesundheitsschutzanforderungen am Arbeitsplatz (Arbeitnehmerschutz) nur bedingt. Die Autoren haben die zuständigen Behörden über die Resultate der Studie schriftlich informiert.



11. Handlungsfelder und Massnahmen in Bezug auf Induktionskochherde

11.1 Vollzugsorgane - Zuständigkeiten

Die Verantwortungen der involvierten Vollzugsbehörden sind in Tab. 4-5 und nochmals nachfolgend (Tab. 11-1) dargestellt:

Personenschutz	Gesetz (Behörde)	Verordnung VO	Kriterium: Grenzwerte, Referenzwerte, Normen	Vollzugsorgane
Arbeitnehmende generell	UVG (BAG)	VUV	Grenzwerte am Arbeitsplatz (Suva Nr. 1903)	SUVA
Arbeitnehmende mit AIMD	UVG (BAG)	VUV	SN EN 50527-1 (AIMD)	SUVA
Schwangere Frauen am Arbeitsplatz	ArG (SECO)	- ArGV 1 - MuSchV	- Referenzwerte der ICNIRP für die Allgemeinbevölkerung (aktuell ICNIRP98) - SN EN 50499	Kantonale Arbeitsinspektionen (Oberaufsicht SECO) SECO (Bundespersonal)
Privat / Publikum	EleG (BFE)	NEV	SN EN 62233	ESTI
Alle	EleG (BFE)	NEV	SN EN 60335 und Unternormen (Ableitströme)	ESTI
Produktesicherheit	PRSG (SECO)			ESTI

Tab. 11-1: Professionelle Induktionskochherde: Gesetze –Behörden –Zuständigkeiten

11.2 Vollzugsorgane - Handlungsfelder

11.2.1 Mutterschutzverordnung und Rechtsgrundlagen

Es wird durch das SECO geprüft, ob die Gefährdungsart „ Nichtionisierende Strahlung“ (entsprechend physikalischen Einflüssen) gemäss Art. 2 ArGV 3) in der Verordnung des EVD vom 20. März 2001 über gefährliche und beschwerliche Arbeiten bei Schwangerschaft und Mutterschaft (Mutterschutzverordnung, SR 822.111.52) unter namentlicher Referenzierung des ICNIRP-Referenzwertes für die Allgemeinbevölkerung aufgenommen werden soll.

In Bezug auf die Produktesicherheit wird durch das SECO geprüft, ob bei der Beschaffung neuer Induktionskochherde nebst dem Nachweis der Einhaltung der Norm SN EN 50499 auch jener des ICNIRP-Grenzwertes für die Allgemeinbevölkerung gefordert werden soll. Für schwangere Arbeitnehmerinnen soll beim Arbeiten am Induktionskochherd dieser Grenzwert



eingehalten sein. Um dies sicherzustellen, wären bestehende Induktionskochherde gegebenenfalls technisch so nachzurüsten (z.B. mittels Abschirmung), dass der ICNIRP-Grenzwert an den zugänglichen Kochherdkanten nachweislich eingehalten wird.

Die Verordnung 3 zum Arbeitsgesetz hält in Artikel 23 fest, dass Arbeitsplätze, Arbeitsgeräte und Hilfsmittel nach ergonomischen Gesichtspunkten zu gestalten und sachgerecht zu benutzen sind. In Artikel 24 wird weiter spezifiziert, dass die Arbeitsplätze so zu gestalten sind, dass in zwangloser Körperhaltung gearbeitet werden kann. Allfällige Schutzeinrichtungen müssen demzufolge auch die ergonomischen Anforderungen berücksichtigen.

11.2.2 Informationsmittel

Fact Sheet EMF (SECO/SUVA)

In Koordination zwischen SECO und SUVA wird ein neues EMF-Factsheet ausgearbeitet. Dieses Informationshilfsmittel soll auf den Internet-Websites (inkl. BAG) publiziert werden und eine einheitliche Informationspraxis sicherstellen.

Darin werden als Neuerungen folgende Themen behandelt:

- Mutterschutz und EMF,
- die Zuständigkeiten der Behörden,
- spezifische Informationen zu induktiven Kochsystemen.

EKAS-Hilfsmittel

Die EKAS-Checkliste „Küche“ (Best. Nr. 6802) sowie die EKAS-Broschüre „Unfall kein Zufall in der Gastronomie“ (Best. Nr. 6209) sollen im Rahmen der nächsten Überarbeitung aktualisiert und mit den entsprechenden Präventionsmassnahmen ergänzt werden.

11.3 Technische Standards - Stand der Technik

11.3.1 Massnahmen für Hersteller und Betreiber von Induktionskochherden

Die professionellen Induktionskochgeräte sind in der Norm SN EN 50499 erwähnt. Diese stellt ein Hilfsmittel dar, um die elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder an Arbeitsplätzen mit den Referenzwerten der ICNIRP (aktuell ICNIRP98) zu vergleichen. Die Norm verlangt eine Beurteilung der Arbeitsplätze unter üblichen Arbeitspositionen und Fehl- anwendungen. Die Norm schreibt keine besonderen Massnahmen für schwangere Arbeitnehmerinnen vor, sondern verweist auf die europäische Richtlinie 92/85/EWG. Obwohl diese Norm für die Schweiz nicht zwingend ist, definiert sie hierzulande den aktuellen Stand der Technik und ihre Anwendung ist deswegen empfohlen.



In den zuständigen europäischen Normengremien soll angestrebt werden, eine eigene Produktnorm für Induktionskochherde zu schaffen, die die Einhaltung des ICNIRP-Grenzwertes gewährleistet. Die CES-Kommission³³ wurde bereits entsprechend aufgefordert.

Zum Schutze der Anwender/Anwenderinnen sollen zusätzliche Vorsichtshinweise in den Betriebsanleitungen für Induktionskochherde aufgenommen werden (Kapitel 10.2.5).

Die Hersteller professioneller Induktionskochherde sollen dazu angehalten werden, die technischen Schutzmassnahmen zur sicheren Einhaltung der EMF-Grenzwerte so auszugestalten, dass durch allfällige technische Schutzvorrichtungen keine mehrbelastende Körperhaltung entsteht (z.B. unzumutbare Vergrösserung des Stehabstandes zum Kochfeld).

11.3.2 Neue Messempfehlungen

Für die Praxis wurde eine vereinfachte Messempfehlung ausgearbeitet, die eine speditive Überprüfung von Magnetfeldbelastungen durch Induktionskochsysteme möglich macht.

Die Überprüfung der Magnetfeldstärke eines Kochfeldes an der Herdbrüstung soll unter nachfolgend definierten Messbedingungen erfolgen:

Vorbereitungen:

- Zu messen sind nur die «vorderen» Kochfelder, da diese am nächsten zur Person positioniert sind. Bei freistehenden Herden gelten alle Kochfelder als «vordere» Kochzonen und sind deshalb alle zu messen.
- Unterschiedliche Kochfeldtypen (und Leistungen) sind separat zu messen.
- Die Pfanne muss induktionstauglich, passend zur Kochfeldgrösse sein und das Kochfeld exakt abdecken.

³³ Das CES (Comité électrotechnique suisse), eine Kommission von Electrosuisse, ist die nationale Organisation für die Erarbeitung von Normen und Sicherheitsbestimmungen in den Bereichen der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik in der Schweiz.

Kochbedingungen:

- Für die Messung wird die Pfanne zur Hälfte mit Wasser gefüllt.
- Höchste einstellbare Heizstufe einstellen (Energiesteuerung auf Max.).
- Die Messung erfolgt bei siedendem Wasser («Steady state»).

Magnetfeld-Messung (EMF-Messung):

- Die massgebende Messfläche ist schematisch in Abb. 11-1 dargestellt. Sie liegt exakt auf der Kochherdkante und hat die Abmessungen $a=15$ cm und b =Kochfeldbreite (z.B. 30 cm).

Bemerkung: Die Studie zeigt, dass die Hotspots bei allen Kochfeldtypen auf diesen Bereich beschränkt sind.

- Über die gesamte Messfläche soll mit einer Messsonde isotrop, d.h. als geometrische Addition der xyz-Feldrichtungen, der maximale RMS -Feldstärkewert («Max. hold») eruiert werden.
 - Messzeit > 30 Sekunden
 - Der Frequenzbereich der Messeinrichtung muss die Arbeitsfrequenz des Induktionskochfeldes einschliessen (meist zwischen 20 und 30 kHz, selten bis 50 kHz).

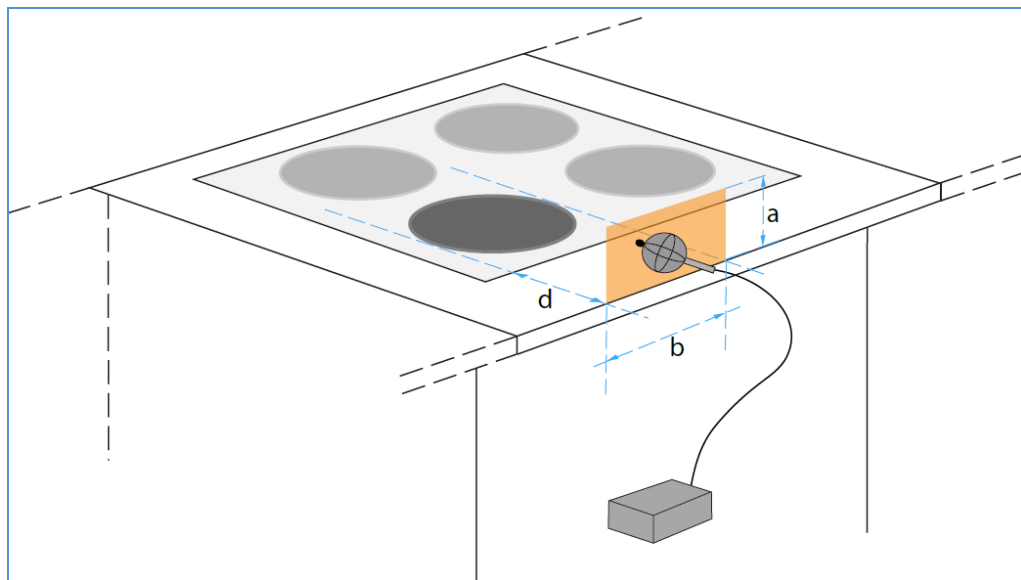


Abb. 11-1: Schema eines Kochherdes mit virtueller Messebene an der Kochherdkante und Messsonde. Messebene: Höhe $a=15$ cm und Breite b =Kochfeldbreite (z.B. 30 cm) und Distanz d = individueller Abstand zwischen der Kochherdkante und dem Kochfeldeinsatz (meist in der Grössenordnung von 10 bis 20 cm). Die Messung erfolgt auf der virtuellen Fläche, entweder spektral oder breitbandig gemäss Empfehlung.



11.4 Massnahmen für Arbeitgeber in der Gastronomie

11.4.1 Allgemeine Pflichten

Im Rahmen der allgemeinen Pflichten (Art. 3-10 VUV und Art. 2-9 ArGV 3) haben die Arbeitgeber alle Massnahmen zu treffen, um die Gesundheit der Arbeitnehmenden ausreichend zu schützen. Sie ermitteln die in ihren Betrieben auftretenden Gefährdungen für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz und treffen die erforderlichen Schutzmassnahmen und Anordnungen, die nach der Erfahrung notwendig, nach dem Stand der Technik anwendbar und den Verhältnissen des Betriebes angemessen sind.

Da in Gastroküchen in der Regel mehrere Gesundheitsrisiken vorkommen, sollen Gefährdungsbeurteilungen unter Einschluss der EMF-Belastungen durch Fachspezialisten erfolgen. Branchen- und Fachverbände können dazu weitere Hilfe anbieten. Im Weiteren gelten die Bestimmungen der EKAS-Richtlinie Nr. 6508 betreffend den Beizug von Arbeitsärzten und anderen Spezialisten der Arbeitssicherheit.

Die bzgl. ihrer Gesundheit besonders gefährdeten Personengruppen in Gastronomieküchen, welche durch elektromagnetische Induktionskochfelder exponiert sein können, sind im Kapitel 10.1 dieses Berichts erwähnt. Die Benutzer von Induktionskochherden sollen bzgl. der potenziellen Gefährdung der Risikogruppen in geeigneter Form aufgeklärt und informiert werden.

11.4.2 Mutterschutz

Gemäss Artikel 35 ArG hat der Arbeitgeber schwangere Arbeitnehmerinnen so zu beschäftigen, dass ihre Gesundheit und die Gesundheit des ungeborenen Kindes nicht beeinträchtigt werden. Er darf daher schwangere Arbeitnehmerinnen mit gefährlichen und beschwerlichen Arbeiten - darunter fallen namentlich Arbeiten unter Einwirkung gesundheitsschädlicher Strahlen (Art. 62 Abs. 3 lit.f ArGV 1) - nur beschäftigen, wenn auf Grund einer Gefährdungsbeurteilung feststeht, dass dabei kein gesundheitliches Risiko für Mutter und Kind vorliegt, oder wenn ein solches durch geeignete Schutzmassnahmen nicht ausschliessbar ist. Nebst der Veranlassung einer Gefährdungsbeurteilung ist der Arbeitgeber verpflichtet, dafür zu sorgen, dass Frauen über die mit der Schwangerschaft in Zusammenhang stehenden Gefahren und Massnahmen rechtzeitig, umfassend und angemessen informiert werden.



In Ergänzung zu den Bestimmungen für elektromagnetische Felder in «Grenzwerte am Arbeitsplatz» (Suva, Best. Nr. 1903) sieht das SECO vor, für schwangere Frauen an ständigen und nichtständigen Arbeitsplätzen mit Induktionskochsystemen den Grenzwert für die Allgemeinbevölkerung gemäss ICNIRP als verbindlich zu erklären. Mit der Einhaltung dieser Grenzwerte wird angenommen, dass für das ungeborene Kind im Mutterleib keine gesundheitliche oder seine Entwicklung betreffende Beeinträchtigung besteht und es nach heutigem Wissensstand genügend geschützt ist.

Ab Kenntnis einer Schwangerschaft bis zu ihrem Ende dürfte gemäss dieser Vorgabe für Arbeitnehmerinnen, die beruflich an induktiven Heizgeräten (Herd, Rechaud, Wok) arbeiten, der entsprechende EMF-Grenzwert für die Allgemeinbevölkerung zu keinem Zeitpunkt überschritten werden.



BIBLIOGRAFIE

Kapitel 1 + 2:

- [1] Viellard, C., Romann, A., Lott, U. & Kuster, N. B-Field Exposure From Induction Cooking Appliances. Zurich, July 2006 (revised July 2007). Aufgeschaltet auf <http://www.bag.admin.ch/themen/strahlung/00053/00673/03156/index.html?lang=de>
- [2] Irnich W, Bernstein AD. Do induction cook tops interfere with cardiac pacemakers? *Europace*. 2006; 8: 377-84
- [3] Yamazaki K et al., Equivalent dipole estimation for characterization of magnetic fields and induced currents near household appliances. *EMC' 04* 4B3-1.

Kapitel 3:

- [4] WHO. ELECTROMAGNETIC FIELDS AND PUBLIC HEALTH Intermediate Frequencies (IF), 2005
- [5] Dr. med. Thomas Amport, Elektronische Sicherheitssysteme und Herzschrittmacher, *EKAS Mitteilungsblatt* Nr. 66, Dezember 2008
- [6] Suva-Factsheet „ Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) von aktiven medizinischen Implantaten am Arbeitsplatz“ , Suva, Abt. Arbeitsmedizin, 2009
- [7] Hirose M, Hida M, Sato E, Kokubo K, Nie M, Kobayashi H. Electromagnetic interference of implantable unipolar cardiac pacemakers by an induction oven. *Pacing Clin Electrophysiol* 28:540-548 (2005)
- [8] Binggeli C, Rickli H, Ammann P, Brunckhorst C, Hufschmid U, Luechinger R, Duru F. Induction ovens and electromagnetic interference: what is the risk for patients with implantable cardioverter defibrillators? *J Cardiovasc Electrophysiol* 16:399-401 (2005)
- [9] Rickli, H., Facchini M, Brunner H, Ammann P, Sagmeister M, Klaus G, Angehrn W, Luechinger R, and Duru F. Induction ovens and electromagnetic interference: what is the risk for patients with implanted pacemakers? *Pacing Clin Electrophysiol*. 2003 Jul; 26(7 Pt 1):1494-7, 26-7-2003
- [10] Litvak E, Foster KR, Repacholi M. Health and safety implications of exposure to electromagnetic fields in the frequency range 300 Hz to 10 MHz. *Bioelectromagnetics* 23:68-82 (2002)
- [11] Miyakoshi J, Horiuchi E, Nakahara T, Sakurai T. Magnetic fields generated by an induction heating (IH) cook top do not cause genotoxicity in vitro. *Bioelectromagnetics* 28:529-537 (2007)
- [12] Sakurai T, Kiyokawa T, Kikuchi K, Miyakoshi J. Intermediate frequency magnetic fields generated by an induction heating (IH) cooktop do not affect genotoxicities and expression of heat shock proteins. *Int J Radiat Biol* 85:883-890 (2009)



- [13] Kos et al., Pre- and post-natal exposure of children to EMF generated by domestic induction cookers, PMB 56 (2011), 6149-6160.
- [14] A Christ, R Guldimann, B Buhlmann, M Zefferer, J Bakker, G C van Rhoon, N Kuster (IT'IS); Assessment of the Current Density Induced in the Human Body by Professional and Domestic Induction Cookers, submitted to: Bioelectromagnetics BEM, Auguste 2011 (John Wiley & Sons)

Kapitel 4:

- [15] ICNIRP, Int. Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields up to 300 GHz. Health Physics 74 (4) 494-522, 1998
- [16] ICNIRP Statement – Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields to 1 Hz to 100 kHz), Health Physics, Dec. 2010, Vol. 99, Number 6
- [17] SN EN 50527-1:2010(D,F,E): «Verfahren zur Beurteilung der Exposition von Arbeitnehmern mit aktiven implantierbaren medizinischen Geräten (AIMD) gegenüber elektromagnetischen Feldern – Teil 1: Allgemeine Festlegungen»
- [18] SN EN 50499:2008(D,F,E): «Verfahren für die Beurteilung der Exposition von Arbeitnehmern gegenüber elektromagnetischen Feldern»
- [19] SN EN 62233:2008(E): Verfahren zur Messung der elektromagnetischen Felder von Haushaltgeräten und ähnlichen Elektrogeräten im Hinblick auf die Sicherheit von Personen in elektromagnetischen Feldern; DIN EN 62233:2008(D), VDE 0700-366 bzw. IEC 62233:2005(E)
- [20] Prüfmittel und Leitfaden «Gesundheitsrisiken Bewegungsapparat», BBL: 710.069.d, www.seco.admin.ch (Download PDF)

Kapitel 5:

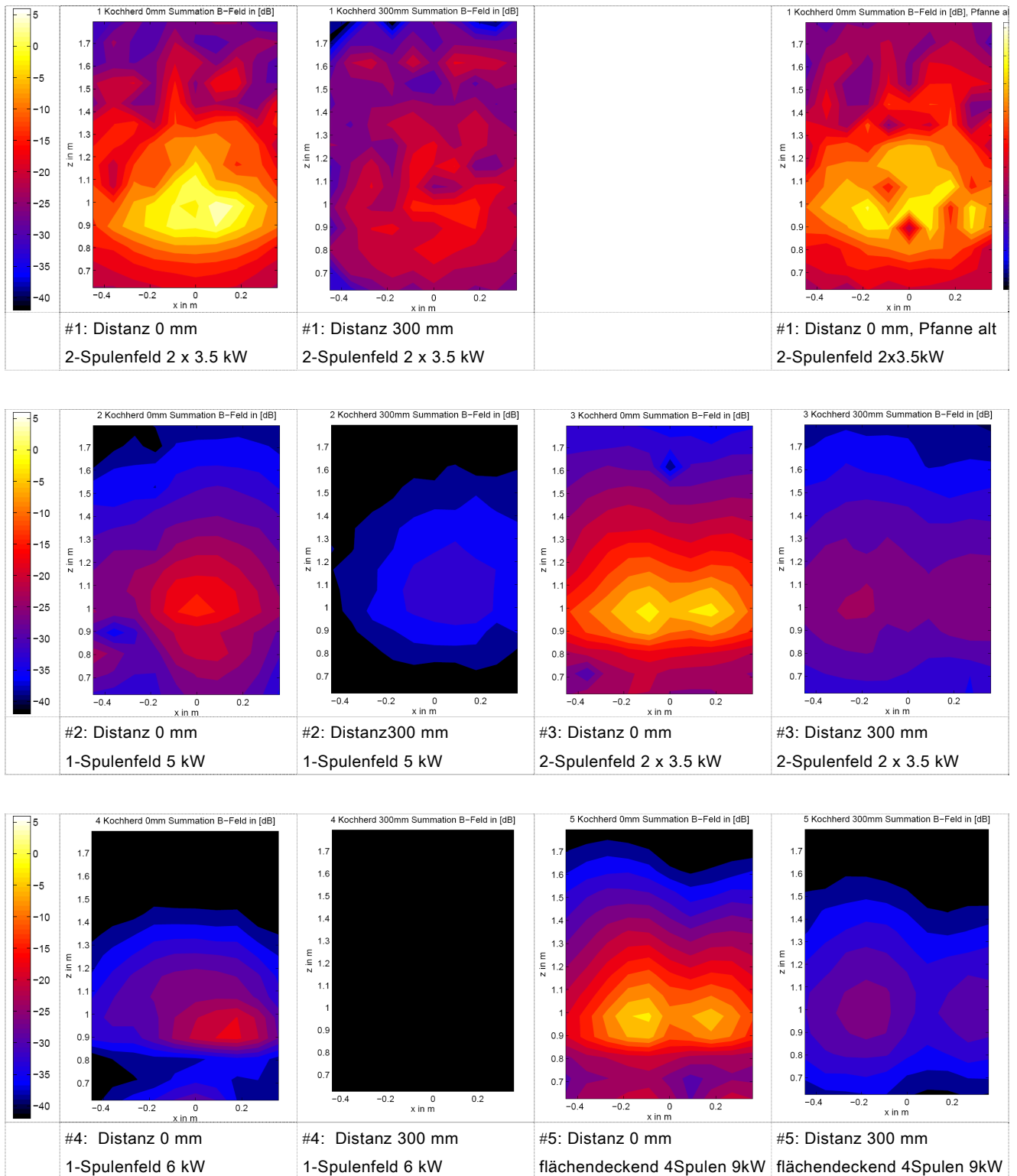
- [21] E-/H-Feldmesssonde EHP-200 NARDA; Lieferant: Emitec/Mesomatic, CH-6343 Rotkreuz; www.narda-sts.de/de/produkte/niederfrequenz/messgeraete/ehp-200.html
- [22] Jagadish Nadakuduti, Mark Douglas, Sven Kühn and Niels Kuster; Determining Location of Magnetic Field Sensors Present inside Narda's Low Frequency E- and H-Field Probe (EHP-200), Technical Report, IT'IS Foundation, July 2009

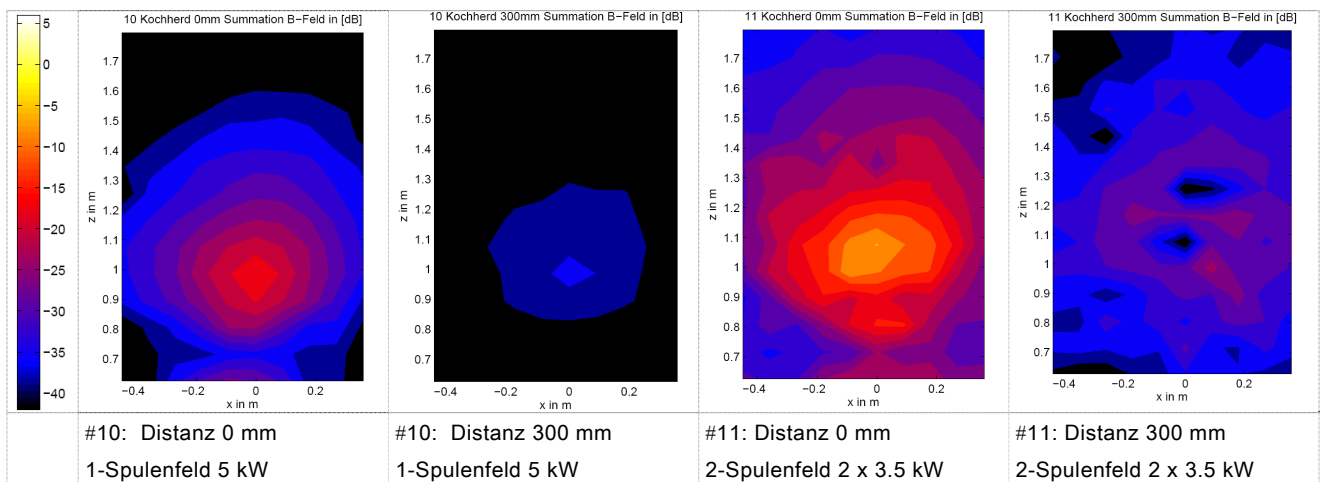
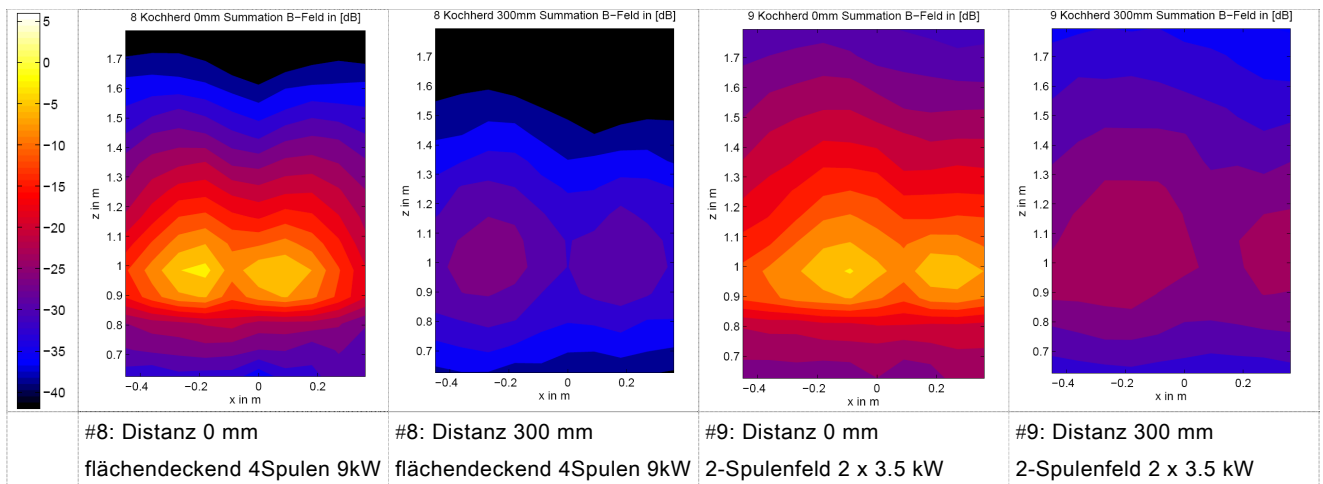
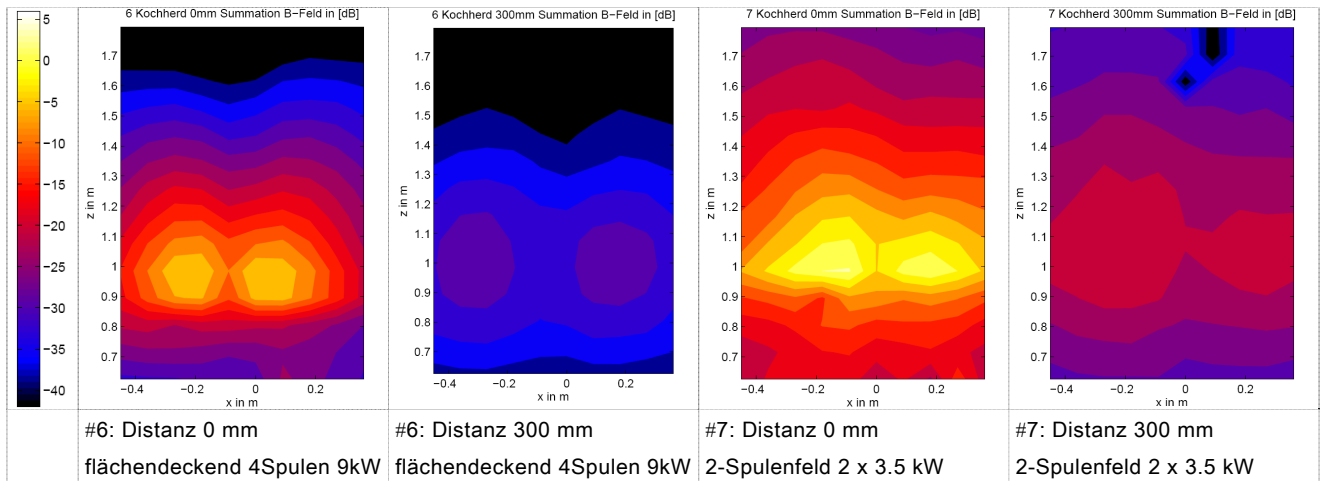
Kapitel 7:

- [23] Held, J. & Krueger, H. (2000). FIT: Ein Mensch-Maschine System zur Analyse von Mensch-Maschine Interaktionen. In L. Deitmer und F. Eicker (Hrsg.), Schriftenreihe Berufliche Bildung, Bremen: Donat, S.263-279



ANHANG I: ZONENPLOTS DER INDUKTIONSKOCHHERDE (Distanz 0/30cm zu Herdkante)







ANHANG II: PFANNENPLATZIERUNGEN AUF DEM KOCHFELD

Einfluss der Pfannenposition auf dem Kochfeld und verschiedener Pfannen: Normpfanne Kap. 6

