



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Temperaturentwicklung der Kontaktfläche zwischen
Kochstelle und Lebensmittel –
Einfluss auf Garverlauf und sensorische Eigenschaften“

verfasst von / submitted by

Felix Brändle

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfillment of the requirements for the degree of

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Studienkennzahl lt. Studienblatt /

degree programme code as it appears on

the student record sheet:

UA 190 353 477

Studienrichtung lt. Studienblatt /

degree programme as it appears on

the student record sheet:

Lehramtsstudium UF Spanisch

UF Haushaltsökonomie und Ernährung

Betreut von / Supervisor:

Ass.-Prof. Mag. Dr. Petra Rust

Danksagung

Zuallererst möchte ich mich bei Frau Dr. Monika Blechinger-Zahnweh bedanken, ohne die meine Diplomarbeit in dieser Form nicht existieren würde. Nicht nur auf Grund ihrer sehr spannenden Vorlesung „Haushaltstechnik und Lebensmitteltechnik unter Berücksichtigung gesellschaftskritischer, geschlechtsspezifischer Arbeitsteilung“ sondern auch ihres Engagements und die Betreuung meines Forschungsaufenthalts an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, wo ich die praktischen Untersuchungen für diese Arbeit absolviert habe. Auch die Betreuung vor Ort war von Tag 1 an sehr unterstützend, professionell und gleichzeitig auch sehr familiär und persönlich. Ein großes Dankeschön an Herrn Prof. Michael Greiner. Er gab mir alle Freiheiten und Möglichkeiten, sodass ich die Versuchsküche und ihr großes Potential nutzen konnte. Für Fragen und eigene Ideen war er immer offen und steuerte so zu einem perfekten Arbeitsumfeld bei. Ich konnte meine eigenen Ideen, Interessen und neuen Erkenntnisse stets verfolgen und in die Arbeit einbauen. Ein ganz besonderer Dank gilt B.Sc. Steffi Berthold, ohne die der Aufenthalt an der Hochschule mit Sicherheit nicht so reibungslos verlaufen wäre. Sie war für jegliche Fragen und Probleme zu jeder Zeit für mich da und trug so zu einem wesentlichen Teil zum Ergebnis dieser Arbeit bei.

Mein Dank gilt auch Frau Ass.-Prof. Mag. Dr. Petra Rust, die die Zusammenarbeit und Kommunikation zwischen ihr, der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Frau Dr. Blechinger-Zahnweh, Herrn Prof. Greiner und mir sehr angenehm gestaltet hat und mir alle Freiheiten im Zuge der Erstellung dieser Arbeit gegeben hat.

Abschließend möchte ich meiner Familie danken, die mich während meiner Studienzeit immer und ohne Ausnahme zu 100% unterstützte. Auch in schwierigen Zeiten verspürte ich nie einen Druck, und mir wurde die Zeit gegeben, die ich brauchte. Dieses Vertrauen habe ich sehr geschätzt und werde ich auch immer wertschätzen.

Felix Brändle

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird der Frage nachgegangen, inwiefern sich die Abkühlung der Pfannenoberfläche bei Einlage eines Fleischstückes und die darauffolgende von der Leistung der Kochstelle abhängige Wiederaufheizzeit auf das Endprodukt auswirken.

Abhängig von der Leistung der Kochstellen und deren Eigenschaften bei der Aufheizung des Pfannenbodens bzw. Fortkochzeit wurden Vergleiche angestellt und mit den Ergebnissen der Sensorik-Prüfung übereingestimmt, im Zuge derer der Frage nachgegangen wurde, ob sensorische Unterschiede zu erkennen waren. Der Schwerpunkt wurde auf Saftigkeit, Krustenfarbe, Zartheit und Farbe im Fleischinneren gelegt. Im Zuge der Grundlagenversuche wurden die Eigenschaften von unterschiedlichen Pfannen auf im Haushalt gebräuchlichen Kochstellen untersucht, um in der Folge in der am besten geeigneten Pfanne die Versuche mit Fleisch durchzuführen. Beim Fleisch wurde darauf geachtet, möglichst vergleichbare Stücke zu verwenden. Darum wurden die Versuchsstücke von der gleichen Lende von einem Tier verwendet. Um auch bei den verschiedenen Kochstellen vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, wurde darauf geachtet, die Vorgänge zeitlich immer identisch durchzuführen, um einen standardisierten Garegrad zu erreichen. Wichtige Schritte werden in der Arbeit auch mit Fotos dokumentiert.

Induktionskochstellen haben im Vergleich zu Glaskeramik- oder Gusskochstellen die schnellste Aufheizzeit. Auch mit eingelegtem Bratgut gleicht die Induktionskochstelle den Temperaturabfall nach der Einlage bzw. nach dem Wenden am schnellsten wieder aus. Diese Eigenschaft wurde auch im Zuge der sensorischen Verkostung festgestellt. Die Fleischstücke, die in der von der Induktionskochstelle erhitzten Pfanne zubereitet wurden, belegten bei den Kategorien Krustenfarbe und Zartheit den ersten Platz. Im Vergleich dazu wurde das Fleisch, das in der Kippbratpfanne, die den niedrigsten Wiederaufheizwert aufweisen konnte, zubereitet wurde, in den beiden genannten Kategorien auf den letzten Platz gereiht. Somit konnte die Aussage getätigt werden, dass die Wiederaufheizzeit bzw. die Temperatur des Pfannenbodens ausschlaggebend für die sensorischen Eigenschaften des Endprodukts war.

Summary

The following thesis discusses the effect of the cool-down phase of the surface of a pan after putting in a piece of meat, and the following heat-up phase depending on the power of the different kinds of cookers.

The performance of the different cookers was quantified in terms of cooling-down and heating-up of the pan's surface. These measures were then compared to the results of sensory testing, whereby the individuals evaluate whether there was a difference in *juiciness*, *colour of the crust*, *tenderness* and *colour of the meat in the centre*.

The most suitable pan was chosen on the basis of a course of preliminary tests that were designed to gauge the characteristics of standard household pans and cookers. The most suitable pan was then utilised for further experiments with meat. As a scientific experiment, attention had to be paid toward the comparability of conditions. To maintain consistency in terms of ingredients, all the steaks were cut from the same piece of sirloin. The procedure of all trials was timed identically to maintain consistency for the different cookers. Important steps were documented with photographs.

A preliminary experiment was made cross-comparing the time taken to heat a pan up to a certain temperature on each of the five cooker types: induction cooker, a cast-iron cooker, two different ceramic stove tops, and a tilting frying pan cooker. When the meat went into the pan or was turned, the induction cooker was shown to be the fastest to compensate for the temperature loss. This correlates with the sensory evaluation: steaks which were cooked in a pan on the induction cooker were rated best in the categories colour of the crust and tenderness. In comparison to that, the steak which was cooked in the tilting frying pan - an industrial cooker that showed the lowest heating-up time of all tested cookers during the experiment – got rated last in said categories. The results of the experiment have shown a strong correlation between the speed in which a cooker heats up a pan and the sensory properties available from the finished steak.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	11
2. Theoretische Grundlagen.....	12
2.1 Elektro-Gusskochplatte	12
2.2. Glaskeramik-Kochstellen	13
2.2.1 Strahlungsheizkörper.....	14
2.2.2 Induktionskochstelle.....	14
2.3 Industrielle Gargeräte: Die Kippbratpfanne	15
2.4 Chemie des Fleisches	16
2.4.1 Reifung.....	16
2.4.2 Bindegewebe.....	18
2.4.3 Zartmacher	18
2.4.4 Garen	20
2.5 Sensorik Allgemein.....	23
2.5.1 Definition.....	23
2.5.2 Sensorische Tests	23
3. Material und Methodik.....	24
3.1 Verwendete Geräte	24
3.1.1 Gargeschirr	24
3.1.2 Kochstellen.....	24
3.1.3 Industrielle Geräte.....	25
3.1.4 Messinstrumente.....	26
3.2 Lebensmittel.....	26
3.3 Sensorische Tests	26
3.2 Physikalische Untersuchungen	28
3.2.1 Aufheizzeit und Energieverbrauch der Kochstellen.....	29
3.2.2 Aufheiz-/Abkühlverhalten verschiedener Pfannen auf verschiedenen Kochstellen	29
3.2.3 Fortführende Versuche mit der Gusseisenpfanne bei Maximalleistung	30
3.2.4 Wärmeverteilung in der Gusseisenpfanne.....	30

3.2.5 Wärmeverteilung in der Kippbratpfanne	31
3.2.6 Temperaturverlauf des Pfannenbodens während des Bratens.....	32
3.2.7 Temperatur der Bratoberfläche der Kippbratpfanne während des Bratens.....	33
4. Ergebnisse	34
4.1 Aufheizzeit und Energieverbrauch der Kochstellen	34
4.2 Aufheiz/Abkühlverhalten verschiedener Pfannen auf verschiedenen Kochstellen.....	35
4.3 Fortführende Versuche mit der Gusseisenpfanne bei Maximalleistung	37
4.4 Wärmeverteilung in der Gusseisenpfanne.....	39
4.5 Wärmeverteilung in der Kippbratpfanne	40
4.6 Temperaturverlauf des Pfannenbodens während des Bratens.....	42
4.7 Temperatur der Bratoberfläche der Kippbratpfanne während des Bratens.....	45
4.8 Sensoriktest 1	46
4.9 Sensoriktest 2	48
5. Diskussion	50
6. Schlussfolgerung	54
7. Literaturverzeichnis	56
Anhänge	58

Tabellenverzeichnis

- *Tab. 1: Eigenschaften der verwendeten Pfannen*
- *Tab. 2: Fleischproben und ihre Behandlung vor der Zubereitung*
- *Tab. 3: Gegenüberstellung der Wiederaufheizleistung der Kochstellen im Vergleich mit Leistung und Verbrauch*
- *Tab. 4: Auswertung der Zartmacher und ihr Einfluss auf die Zartheit des Fleisches*

Abbildungsverzeichnis

- *Abb. 1: Pichert, Horst (2001): Haushaltstechnik: Verfahren und Geräte. 2. Auflage. Verlag Eugen Ulmer: Stuttgart. S 83.*
- *Abb. 2: Messpunkte auf der Pfannenoberfläche*
- *Abb. 3: Messpunkte auf der Bratoberfläche der Kippbratpfanne*
- *Abb. 4: Position eines Fleischstückes auf Messpunkten*
- *Abb. 5: Aufheizzeit des Pfannenbodens der Gusseisenpfanne auf verschiedenen Kochstellen bis 260°C*
- *Abb. 6: Energieverbrauch der Kochstellen während des Aufheizens auf 260°C*
- *Abb. 7: Temperaturprofil während Aufheiz- und Abkühlphase, Pfannenboden Edelstahlpfanne, Abschalttemperatur 200°C*
- *Abb. 8: Temperaturprofil während Aufheiz- und Abkühlphase, Pfannenboden Gusseisenpfanne, Abschalttemperatur 200°C*
- *Abb. 9: Temperaturprofil während Aufheiz- und Abkühlphase, Pfannenboden besch. Pfanne, Abschalttemperatur 200°C*
- *Abb. 10: Aufheiz- und Abkühlcharakteristika der Gusseisenpfanne bei 10 Minuten maximaler Leistung*
- *Abb. 11: Energieverbrauch aller Kochstellen bei 10 Minuten maximaler Leistung*
- *Abb. 12: Aufheiz- und Abkühlcharakteristika gemessen auf verschiedenen Zonen der Pfannenoberfläche bei 10 Minuten maximaler Leistung der Infrarotkochstelle (Hendi)*
- *Abb. 13: Aufheiz- und Abkühlcharakteristika gemessen auf verschiedenen Zonen der Pfannenoberfläche bei 10 Minuten maximaler Leistung der Gusskochstelle*
- *Abb. 14: Aufheiz- und Abkühlcharakteristika gemessen auf verschiedenen Zonen der Pfannenoberfläche bei 10 Minuten maximaler Leistung der Infrarotkochstelle (Steba)*
- *Abb. 15: Aufheiz- und Abkühlcharakteristika gemessen auf verschiedenen Zonen der Pfannenoberfläche bei 10 Minuten maximaler Leistung der Induktionskochstelle*
- *Abb. 16: Aufheiz- und Abkühlcharakteristika gemessen auf verschiedenen Zonen der Bratoberfläche der Kippbratpfanne während dem Programm „Kurzbraten“*
- *Abb. 17: Aufheiz- und Abkühlcharakteristika gemessen auf verschiedenen Zonen der Pfannenoberfläche der Gusseisenpfanne auf der Infrarotkochstelle (Steba) mit und ohne Bratgut*
- *Abb. 18: Aufheiz- und Abkühlcharakteristika gemessen auf verschiedenen Zonen der Pfannenoberfläche der Gusseisenpfanne auf der Infrarotkochstelle (Hendi) mit und ohne Bratgut*
- *Abb. 19: Aufheiz- und Abkühlcharakteristika gemessen auf verschiedenen Zonen der Pfannenoberfläche*

der Gusseisenpfanne auf der Gusskochstelle mit und ohne Bratgut

- *Abb. 20: Aufheiz- und Abkühlcharakteristika gemessen auf verschiedenen Zonen der Pfannenoberfläche der Gusseisenpfanne auf der Induktionskochstelle mit und ohne Bratgut*
- *Abb. 21: Aufheiz- und Abkühlcharakteristika gemessen auf verschiedenen Zonen der Pfannenoberfläche der Kippbratpfanne mit und ohne Bratgut*
- *Abb. 22: Bewertung der Zartheit von gebratenem Fleisch auf der Induktionskochstelle und der Kippbratpfanne*
- *Abb. 23: Bewertung der Farbe der Kruste von gebratenem Fleisch auf der Induktionskochstelle und der Kippbratpfanne*

1. Einleitung

Sie haben bei Ihrem Metzger des Vertrauens ein teures und qualitativ hochwertiges Stück von der Rinderlende gekauft. Der Rotwein wartet bereits auf dem Küchentresen und atmet. Das Fleur de Sel aus der Camargue soll dem Steak am Abend den letzten Schliff geben. Doch nun stellt sich die Frage: Auf welche Stufe soll der Regler des Herdes gestellt werden? Welche Pfanne soll verwendet werden? Wie lange muss das Steak in der Pfanne sein? Soll das Stück Fleisch doch im Vorhinein mariniert werden? Die folgende Arbeit beschäftigt sich mit einem vermeintlich alltäglichen Thema, mit dem sich jede und jeder von uns in der Regel jeden Tag befasst: Der Essenszubereitung. In jeder standardmäßig eingerichteten Küche findet sich eine Kochstelle, auf der mit einer Pfanne gekocht wird. Doch alleine diese beiden Faktoren können mehrfach unterteilt werden: Handelt es sich um eine klassische Gusskochstelle, eine Glaskeramikkochstelle oder um einen modernen Induktionsherd? Welche Pfanne wird verwendet? Eine Edelstahl-, eine Gusseisen- oder eine beschichtete Pfanne? Doch haben unterschiedliche Pfannen- und Kochstellenkombinationen wirklich einen merkbaren Einfluss auf das Ergebnis, das schlussendlich auf dem Teller landet? Ein weiterer Grund für einen qualitativen Unterschied in der Sensorik eines zubereiteten Lebensmittels stellt das Produkt selber dar. Speziell Fleisch bietet durch seinen komplexen Aufbau einen großen Spielraum zur qualitativen Verbesserung bzw. Veränderung. Begriffe wie „Dry Aging“ oder Zartmacher werden immer mehr mit hochqualitativen Fleischprodukten in Verbindung gebracht.

Der österreichische Physiker Werner Gruber betrachtet das Zubereiten von Lebensmitteln in der eigenen Küche in seiner „Kulinarischen Genussformel“ aus physikalischer Sicht und spricht u.a. von der Physik des Knödels oder eben vom perfekten Steak (vgl. Gruber 2008, 6). Diese Arbeit soll zeigen, welchen Einfluss verschiedene Kochstellen mit unterschiedlicher Leistung auf das in einer Pfanne zubereitete Stück Fleisch haben. Die zentrale Frage dreht sich um die kurzfristige Auskühlung der Pfannenoberfläche, wenn das Bratgut eingelegt wird und die darauffolgende von der Kochstelle abhängige Wiederaufheizzeit. Die gebratenen Fleischstücke werden sensorisch von Testpersonen untersucht und u.a. nach Zartheit oder Bräunung beurteilt. So soll herausgefunden werden, welche Kochstelle mit welchen Eigenschaften die idealsten Bedingungen für das Braten eines Fleischstückes liefert.

Im ersten Teil der Arbeit wird auf die in den praktischen Untersuchungen verwendeten Kochstellen eingegangen und ihr Aufbau und ihre Eigenschaften erklärt. Darauf aufbauend wird im zweiten Teil das Lebensmittel selber näher betrachtet und die chemischen Eigenschaften von

Fleisch und deren Veränderungen von der Schlachtung bis zum Garprozess näher erläutert. Schließlich werden Versuchsaufbau und -durchführung beschrieben, um am Ende der Arbeit auf die sensorischen Tests einzugehen und deren Ergebnisse zu interpretieren. Im Anhang befinden sich außerdem Kopien der Fragebögen, die die Probanden im Zuge der Verkostung ausgefüllt haben.

2. Theoretische Grundlagen

Für die praktischen Untersuchungen (ab Kapitel 3) müssen verschiedene Faktoren beachtet werden. So werden beispielsweise Kochstellen mit unterschiedlichem technischen Aufbau verwendet. Außerdem spielt die Beschaffenheit des Fleisches in den Versuchen eine große Rolle. Um diese offenen Fragen zu klären, wird in folgendem Kapitel auf die theoretischen Hintergründe der in den praktischen Untersuchungen verwendeten und relevanten Themen eingegangen.

2.1 Elektro-Gusskochplatte

In einem ebenen Plattenkörper ist ein elektrisch isolierter Heizleiter eingebettet. Dieser wird von elektrischem Strom durchflossen und dadurch erwärmt. Dabei gibt er die Wärme an den Plattenkörper weiter, welcher in weiterer Folge den Topfboden erwärmt (vgl. Pichert 2001, 75). Die Stiftkochplatte und die Rohrkochplatte werden heute kaum mehr verwendet. Eher verbreitet ist die Ringkochplatte. Beheizt wird dabei eine namensgebende Ringfläche. Der aus Gusseisen bestehende Plattenkörper besitzt im Vergleich zu moderneren Kochstellen eine große Wärmekapazität. Darum ist der Plattenkörper durch eine lange Aufheiz- und Abkühlzeit charakterisiert, jedoch geht beim Erkalten ebenfalls viel Wärme verloren. Die Platte besitzt drei getrennte Heizleiter mit vier Anschlussklemmen, außerdem einen Schutzleiteranschluss. Die unterschiedlichen Heizleistungen sind durch Parallel- oder Reihenschaltung verstellbare Gesamtwidestände schaltbar. Beim Einsatz eines Siebentaktschalters sind sechs plus die Aus-Stufe möglich, bei einem Viertaktschalter drei. Die relevantesten Einsatzarten (Ankochen, Fortkochen, Warmhalten) werden bereits mit drei abgedeckt. Beispiel: Bei einer Normalkochplatte mit Leistungsaufnahme P bei einem Maximum von 1500W bezieht Stufe 1 250W, Stufe 2 1100W und Stufe 3 1500W. (vgl. ebd., 75f). Neben den Stufenschaltungen kann die Temperatur auch stufenlos variiert werden. Dabei wird „getaktet“, wobei die Leistung periodisch ein- und ausgeschaltet wird. Speziell in niedrigeren Temperaturbereichen kann das stufenlose

Takten sehr gut für schonendes Einkochen oder Saucen verwendet werden (vgl. Braun, Dickau, Lichtenberg, Naumann, Schlich, Wentzlaff 2005, 37).

Fehlerquellen stellen beispielsweise verformte bzw. nicht plane Pfannen oder Töpfe dar. Durch Luftposter zwischen der Kochplatte und Topf- bzw. Pfannenboden ist der Wärmedurchgangskoeffizient sehr klein. Es erfolgt eine verhältnismäßig hohe Wärmeabgabe an die Umgebung, was dazu führt, dass der Wirkungsgrad schlecht ist. Die unbeheizten Bereiche in den Vertiefungen der Platte sorgen dafür, dass eventuell konvex gewölbte Böden mit der Platte statt einer Punkt- zumindest eine Linienberührung haben (vgl. ebd., 78f).

Neben den normalbelastbaren Kochplatten gibt es ebenfalls hochbelastbare, sogenannte Blitz- oder Schnellkochplatten. Diese Platten sind erkenntlich durch einen roten Punkt in der Mitte der Kochplatte, deren maximale Leistung an den Durchmesser gebunden ist (vgl. Wegner 2008, 252f). Bei Hochleistungsplatten können auf der höchsten Stufe bis zu 10 W/cm^2 erreicht werden. Dass eine Überhitzung im Leerlauf oder bei ungünstig aufliegendem Kochgeschirr vermieden werden kann, sind Schnellkochplatten in der Regel mit einem Überhitzungsschutz versehen, welcher bei Überheizung einen Teil der Heizleistung vorübergehend abschaltet. Dieser begrenzt die Temperatur auf etwa 500°C (vgl. Lichtenberg. 2010, 70). Ein zusätzliches Bimetall unterbricht bei Erreichung einer bestimmten Temperatur den Stromkreis des Heizleiters, womit eine Überhitzung verhindert wird (vgl. Pichert 2001, 79).

2.2. Glaskeramik-Kochstellen

Diese Kochstellen sitzen unsichtbar unter einer großflächigen ca. 4 mm dicken (vgl. Lichtenberg 2010, 73) Glaskeramikplatte. Glaskeramik wurde speziell für den Einsatz als Kochfläche konzipiert. Sie ist eine Rohstoffmischung, die aus mehr als 15 Komponenten besteht. Die Hauptbestandteile sind SiO_2 , As_2O_3 und LiO_2 . Die Stoffe werden bei 1700°C geschmolzen und so homogenisiert. Anschließend wird das blasenfreie Glas ausgewalzt und bei Raumtemperatur abgekühlt. Sie weist so die typischen Eigenschaften von Glas auf: eine porenfreie, glatte Oberfläche, homogen und transparent. Das Material wird durch eine weitere Temperaturbehandlung in einen glasig-kristallinen Mischkörper umgewandelt. Unter Umständen sind Ringe in der Oberfläche eingätzt, die das Kochfeld markieren. Dadurch, dass die Gargeschirre die Heizsysteme abdecken, wird die Energie möglichst wirkungsvoll an den Topf- oder Pfannenboden weitergegeben. Man unterscheidet einige Heizsysteme, wie beispielsweise den Kontakt- oder Strahlungsheizkörper, den Halogenquarzstrahler oder das Induktionsheizsystem. Der Kontaktheizkörper wird heute nicht mehr verwendet (vgl. Pichert 2001, 82f). Um die Glaskeramiken

zu schützen, wird auch hier ein Überhitzungsschutz verarbeitet (vgl. Wegner 2008, 256).

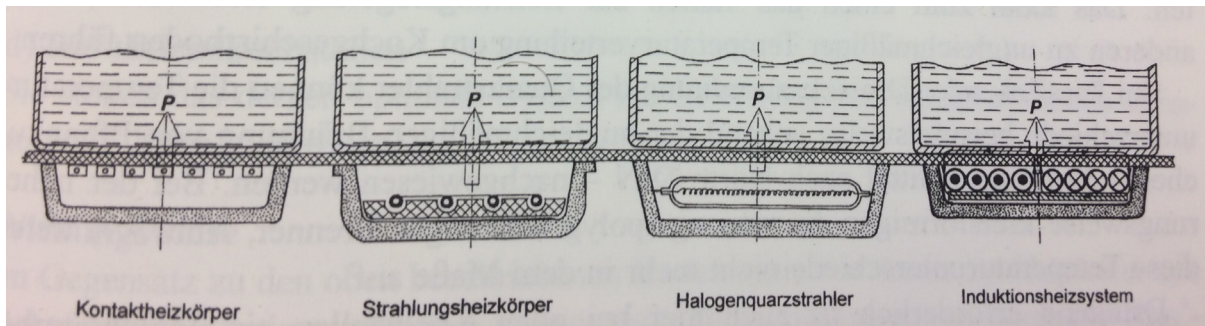


Abb. 1: Aufbau verschiedener Glaskeramikkochstellen

2.2.1 Strahlungsheizkörper

Bei Betrieb glüht eine Drahtwendel hellrot. Sie erreicht sehr hohe Temperaturen (bis zu 1000°C) und muss somit in einem deutlichen Abstand in einem keramischen Strahlungsteller eingebettet sein. Zum Teil fließt die Wärme durch Wärmeleitung zum Topfboden. Jedoch handelt es sich größtenteils um Temperaturstrahlung, vorwiegend Infrarotstrahlung (vgl. Lichtenberg 2010, 73), welche eine gute Durchlasseigenschaft der Glaskeramik erfordert (vgl. Pichert 2001, 83).

2.2.2 Induktionskochstelle

1987 wurden die ersten Kochfelder angeboten, bei denen die Wärmeerzeugung durch Induktion direkt im Topfboden passiert. Dieses Prinzip sorgte dafür, dass sich der Begriff „kaltes Kochen“ eingebürgert hat. Bei herkömmlichen Beheizungssystemen, wie der Gusskochstelle oder der Glaskeramik, wird die Wärme durch Wärmeleitung oder Strahlung übertragen. Darum werden die Platten im Betrieb heiß. Bei Induktionskochstellen hingegen wird die Kochfläche nicht direkt erhitzt, sondern wird lediglich durch das aufgesetzte Gargeschirr erwärmt. Das physikalische Prinzip, das dem induktiven Kochen zu Grunde liegt, ist jenes der Wirbelstromerwärmung. Ein elektromagnetisches Wechselfeld induziert im metallenen Boden des Gargeschirrs elektrische Wirbelströme, die ihn sehr schnell aufheizen (vgl. Wegner 2008, 263f). Selbst ein mehrere Millimeter dicker Luftspalt beeinträchtigt den Wirkungsgrad kaum (vgl. Lichtenberg 2010, 75). Als einzige Voraussetzung müssen die Topfböden daher kompakte, elektrisch leitfähige Werkstoffe sein, um erwärmt werden zu können, müssen also aus magnetisierbarem Material bestehen. Da die Wärme direkt im Topfboden erzeugt wird, die dann wiederum sofort auf das Gargut übertragen wird, erhält man einen sehr hohen Ankochwirkungsgrad und einen niedrigen Energieverbrauch während des Fortkochens. Die Dynamik – also die Reaktion des Kochvorgangs auf Energieänderungen – ist ebenfalls sehr hoch. Überkochen kann beispielsweise durch sofortiges Ausschalten der Kochstelle gestoppt werden. Während des Leerlaufbetriebs – also

wenn kein Gargeschirr auf der Kochstelle steht – wird keine Energie verbraucht. Da nicht die Glaskeramikplatte sondern direkt der Topfboden erhitzt wird, ist die Verbrennungsgefahr dementsprechend niedriger. Übergekochte Speisen und Flüssigkeiten brennen dadurch ebenfalls nicht fest (vgl. Wegner 2008, 263f). Um diese Art der Wärmeerzeugung zu erreichen sind die haushaltsüblichen Frequenzen von 50Hz nicht ausreichend. Dafür sind Frequenzen von ca. 25000Hz bis 30000Hz nötig. Ein Vorteil dieser Frequenzen ist der, dass keine hörbaren Schwingungen entstehen. Die Grenze des menschlichen Gehörs liegt bei 20000Hz (vgl. Pichert 2001, 87). Es gibt Induktionskochplatten, die eine sogenannte Booster-Funktion besitzen, mit der die Leistung für kurze Zeit auf 3000W erhöht werden kann, um eine noch schnellere Ankochzeit zu erhalten (vgl. Wegner 2008, 263f). Die Variationen von Induktionskochstellen werden immer größer. So gibt es zum Beispiel inzwischen auch spezielle Kochstellenformen, die sich durch eine Muldenform perfekt an Wokpfannen anpassen. Hier können beispielsweise Gemüse-mischungen in wenigen Minuten zubereitet werden (vgl. Braun, Dickau, Lichtenberg, Naumann, Schlich, Wentzlaff 2005, 40).

2.3 Industrielle Gargeräte: Die Kippbratpfanne

Die Kippbratpfanne zählt mit zu den älteren Gerätetypen der Großküche und bietet für diese eine praktische Möglichkeit, große Mengen an Speisen zuzubereiten. Durch die Kippvorrichtung wird das Personal entlastet und die Produktion wird rationeller. Der kippbare Tiegel ist zwischen den zwei Standsäulen gelagert. Hier können Rückstände wie Bratfett einfach ausgeleert werden, aber auch Schmorgerichte wie Gulasch oder Saucen können nach dem Garvorgang in darunter stehende Behälter abgekippt werden. Der Tiegelboden besteht in der Regel aus Gussstahl und hat eine glatte Oberfläche. Beheizt wird er von unten, entweder elektrisch oder mit Gas. Dank des Materials, das sehr gute Wärmeleiteigenschaften hat, ist die Temperaturverteilung sehr gleichmäßig und auch der Wärmenachschub ist während des Anbratens hoch. Der Tiegelboden kann auch aus Edelstahl bestehen, wobei hier die Kurzbratstücke eher anhängen können, weil das Fett dort besser haften bleibt, als bei Gussstahl.

Der Elektroheizkörper ist an der Unterseite des Tiegels angebracht. Er erbringt ca. 30 bis 35kW Wärmeleistung pro Quadratmeter. Auch für den Dauerbetrieb gibt es Temperaturregelungen zwischen 120°C bis etwa 330°C.

Die Tiegelflächen, die ca. von 60cm x 60cm bis 100cm reichen, sind in der Regel ca. 20cm hoch. Damit stehen ca. 60 – 100 Liter Volumen zur Verfügung. Neuere Geräte verfügen über einen wärme gedämmten Deckel, um Energieverluste zu minimieren. Durch die Schnute am

vorderen Tiegelrand kann leichter abgegossen werden. Gekippt wird entweder manuell durch ein Handrad oder automatisch durch einen Elektromotor (vgl. Braun, Dickau, Lichtenberg, Naumann, Schlich, Wentzlaff 2005, 45f).

2.4 Chemie des Fleisches

2.4.1 Reifung

Dass es eigentlich nicht unserem Geschmack entspricht, rohes Fleisch zu verzehren, fanden bereits unsere Vorfahren heraus. Bei einigen Tierarten, wie z.B. beim Rind, sollte das Fleisch abhängen (reifen). Salzzugabe und Erhitzen führte zu einer konservierenden Wirkung und somit auch zu längeren Lagerzeiten. Auch heute wird technologisch daran gearbeitet, Lebensmittel zu verfeinern und somit auch zu verbessern.

Während der Reifung finden muskellinternen Vorgänge statt. Sie sind temperaturabhängig und beginnen bereits während der Kühlung nach der Schlachtung. Erst wenn die Endtemperatur des Kühlens (+7°C bis 0°C) erreicht wird, beginnt die eigentliche Reifezeit. Dadurch, dass die Temperaturen relativ niedrig sind, finden die Reifeprozesse auch nur sehr langsam statt. Bei Geflügel dauert die Fleischreifung in der Regel ein bis zwei Tage, bei Schweinefleisch sollte sie über zwei Tage dauern. Um beim Rind zartes Fleisch zu erhalten, sollte es mindestens zwei Wochen abhängen.

Das primäre Ziel der Reifung ist die Zartheit des Fleisches. Die genaue Reifezeit hängt sowohl vom Alter des Tieres, das heißt von der Quervernetzung des Bindegewebes ab, als auch von tierartspezifischen Aktivitäten der muskeleigenen Enzyme. Diese Enzyme, die bereits im lebenden Organismus vorhanden waren, führen die Reifung durch (vgl. Honikel 2003, 70). Um Arbeit zu verrichten, wird in den Muskeln Glykogen verbrannt. Dafür wird Sauerstoff verbraucht. Als Abfallprodukte entstehen Wasser und Kohlendioxid (vgl. Blocher, Jakob, Kramer, Schneider 2007, 18).

Die Reifung wird grundsätzlich in zwei Phasen unterteilt. Während der ersten Phase findet die Glykogenolyse statt (vgl. Honikel 2003, 72). Der Stoffwechsel verläuft nach der Schlachtung durch den Blutentzug unter anaeroben Bedingungen, also ohne Sauerstoff (vgl. Lobitz; Stiebing 2015, 32). Durch den Stillstand von Atmung und Kreislauf gelangt kein neuer Sauerstoff in die Muskeln und das Kohlendioxid kann nicht mehr abtransportiert werden. Der Überschuss an Kohlensäure bewirkt zunächst ein leichtes Abfallen des pH-Werts von 7,2 auf 7,0. Die Eiweißstoffe Aktin und Myosin werden nicht wie im lebenden Muskel zu Aktomyosin zusammenge-

fügt, was dazu führt, dass die Muskelfasern gequollen sind, das heißt das Wasser wird sehr gut im Fleisch gehalten. In diesem Zustand ist das Fleisch sehr gut für die Brühwurstherstellung geeignet, da noch viel natürliches Phosphat in Form von ATP vorhanden ist (vgl. Blocher, Jakob, Kramer, Schneider 2007, 18f). Die energiereichen Substanzen Kreatinphosphat, Glykogen und Adenosintriphosphat (ATP) werden nun zu Milchsäure abgebaut. Es kommt zu einer Anhäufung von Milchsäure und gleichzeitig zu einem Absinken des pH-Wertes auf einen Endwert von 5,5. Das Fleisch „säuert“. Während dieser Phase, die im englischen auch „Conditioning-Phase“ genannt wird, kann es während der Lagerung bei falschen Temperaturen zur Verkürzung der Sarkomeren des Muskels kommen. Dies erhöht die Festigkeit und Zähigkeit des Fleisches erheblich. Außerdem werden während dieser Phase die letzten Energiereserven erschöpft. Das passiert unabhängig von der Temperatur. Durch ATP-Mangel, der kurz vor und während dieses End-pH-Wert-Abfalls erreicht wird, tritt die Rigor mortis ein. Das ist der Zustand der höchsten Zähigkeit (vgl. Honikel 2003, 72). Grund für die Totenstarre ist das Zusammenziehen des Muskels. Aktin und Myosin fügen sich durch den Abbau von ATP zu Aktomyosin zusammen und das Fleisch wird fest (vgl. Blocher; Jakob; Kramer; Schneider 2007, 18). In dieser Phase beginnen die muskeleigenen Enzyme, die im sauren Milieu besser gebildet werden, das Innere der Muskelzellen aufzulösen und machen so das Fleisch wieder zart (vgl. Lobitz; Stiebing 2015, 32).

Die zweite Phase ist die eigentliche Reifungsphase, das sogenannte „Aging“. Das „Aging“ läuft intrazellulär ab und führt zu einer stetigen Zunahme der Zartheit. Zuerst werden die Strukturen innerhalb der Zelle durch proteolytische Enzyme abgebaut (vgl. Honikel 2003, 72). Die Muskelfasern werden verändert. Aktin und Myosin werden wieder voneinander getrennt. Das führt dazu, dass die Fleischfaser mürbe resp. zart wird, Wasser besser angelagert werden kann und das Fleischiweiß besser verdaulich ist. Ein pH-Wert von 6,0 ist ein Indikator dafür, dass die Fleischreifung abgeschlossen ist. Würde der pH-Wert weiter steigen, würde der Verderb durch Fäulniserreger begünstigt werden (vgl. Blocher; Jakob; Kramer; Schneider 2007, 20). Durch den weiteren Abbau von Fett und Eiweiß entstehen wichtige Aromastoffe, was wesentlich für die Geschmacksentwicklung ist. Die rote Farbe wird dunkler und kann bis ins Rotbräunliche gehen (vgl. Lobitz; Stiebing 2015, 32).

Die traditionelle Rindfleischreifung – die Trockenreifung oder „Dry Aging“ – erlebt speziell in der traditionellen Gastronomie eine Renaissance. Hier werden teilweise gesamte Hinterviertel komplett unverpackt im Kühlraum gelagert. Die Temperatur liegt bei +/- 1°C. Zusätzlich ist

es essenziell, die Luftfeuchtigkeit und die Luftumwälzgeschwindigkeit zu regulieren, um das Wachstum von unerwünschten Mikroorganismen zu vermeiden. Dies ist allerdings auch mit höheren Kosten verbunden, was dazu führte, dass sich seit den 1970er Jahren das Reifen unter Vakuum – das Vakuumreifen oder „Wet Aging“ - verbreitete. Hier wird das Rindfleisch in verkaufsfertige Stücke geschnitten und zwei bis drei Tage nach der Schlachtung in Folie luftfrei verschweißt. Die Stücke werden bei gleicher Temperatur wie beim „Dry Aging“ für zwei bis drei Wochen möglichst unter Lichtausschluss gelagert. Vor dem Verkauf werden sie ausgepackt und für eine kurze Zeit in Kühlraum aufgehängt, damit sie durch den Sauerstoff wieder eine rote Farbe bekommen.

Bei der Trockenreifung kann man nach drei Wochen einen Gewichtsverlust von 20% erwarten. Zusätzlich müssen schwarzbraun verfärbte äußere Fleischpartien abgeschnitten werden. Diese Nachteile gibt es bei der Vakuumreifung nicht. Hier treten zwar auch Gewichtsverluste auf, sie sind aber bei weitem nicht so hoch wie beim „Dry Aging“. Andererseits ist die geschmackliche Qualität beim „Dry Aging“ höher, weil sich durch den Luftsauerstoff komplexere Aromastoffe bilden können (vgl. ebd.).

2.4.2 Bindegewebe

Das Bindegewebe bildet bei tierischen Lebewesen das Stützgewebe. Bei einem jungen Tier besitzt das elastische Bindegewebe eine geringe Quervernetzung, was eine chemisch geringere Stabilität bedeutet. Das heißt, das Bindegewebe älterer Tiere hat eine hitzestabilere Quervernetzung, was es zäher und fester erscheinen lässt. Deshalb ist das Fleisch von jungen Tieren nach der Zubereitung immer zarter als das von erwachsenen oder gar älteren Tieren, z.B. Ochsen oder Milchkühen, deren Fleisch auch nach langer Reifung nicht eine akzeptable Zartheit erreichen würde, da die proteolytischen Enzyme erst nach 10 bis 14 Tagen extrazellulär wirken (vgl. Honikel 2003, 76).

2.4.3 Zartmacher

Zartmacher sind meist pflanzliche Proteasen, die proteolytisch, also proteinspaltend, wirken. Sie stammen beispielsweise von Mikroorganismen oder aus Früchten, wie z.B. das Papain aus der Papaya. Sie werden entweder oberflächlich angewendet oder auch in das Fleisch injiziert (vgl. Honikel 2003, 76). 1969 zeigte Nicholas Kurti, ein ungarischer Physiker und Professor in Oxford, dass Ananassaft Fleisch mürbe macht. Auf einer Sitzung der Royal Institution injizierte Kurti in eine Hälfte eines Schweinebratens Ananassaft und schob den Braten anschließend für

viel weniger Zeit als ursprünglich nötig in den Ofen. Nachdem der Braten in Scheiben geschnitten wurde, konnte man erkennen, dass die nicht mit Ananas bearbeitete Hälfte noch rosa war, wohingegen die andere Seite schon völlig durchgegart war. Mit dieser Methode demonstrierte Kurti nicht nur die Nutzung dieser Enzyme in der Küche, sondern veranschaulichte ebenfalls eine alte Technik, derer sich auch die Azteken bedienten, auf experimentelle Art und Weise (vgl. This-Benckhard 1996, 112). Es gibt auch mechanische Methoden, um eine höhere Zartheit zu erreichen. Durch zum Beispiel sogenannte „Steaker“ werden Binde- und Muskelgewebe zerschnitten bzw. zerrissen. Jedoch muss hier auf einen baldigen Verzehr geachtet werden, weil durch die vergrößerte Oberfläche auch das Risiko steigt, dass Keime in das Fleischinnere eindringen (vgl. Honikel 2003, 76).

Ein prinzipieller erster Einfluss auf die Zartheit des Fleisches liegt im Zusammenspiel von Calpain und Calpastatin. Calpain gehört zu den calciumabhängigen Proteasen, die nach der Schlachtung im Muskel myofibrilläre Proteine abbauen. Calpastatin hemmt die Aktivität von Calpain, was in der Folge zu einer erniedrigten Zartheit bzw. erhöhten Zähigkeit führt. Die Konzentration dieser Enzyme ist abhängig von Rasse und Zucht des Tieres, was zu unterschiedlicher Fleischkonsistenz bei unterschiedlichen Tieren führen kann (vgl. Marques et al. 2010, 2). Enzyme wie Papain, Bromelain oder Ficin sind weltweit zugelassen und finden regelmäßige Anwendung in Marinaden oder als Injektionen beim geschlachteten oder sogar beim lebenden Tier. (vgl. Ashie et al. 2002, 2138). Neben den vielen Methoden, die die Zartheit von Fleisch erhöhen können, ist der Einsatz von proteolytischen Enzymen eine der beliebtesten und sie wird in der Verarbeitung von Lebensmitteln häufig eingesetzt. Vorteile von pflanzlichen Enzymen ist ihre Fähigkeit, bei einem großen Temperatur- und pH-Bereich aktiv zu sein. Ficin ist das Enzym aus der Feige, das neben dem Zartmachen beispielsweise auch für das Klären von Bier eingesetzt wird. Papain ist eine Protease aus der Papaya. Es ist sehr hitzestabil und wird in der Fleischindustrie sehr oft eingesetzt (vgl. Marques et al. 2010, 2). Papain baut beispielsweise alle Gewebsarten wie Bindegewebe, Kollagen und myofibrilläre Proteine ab, was bei falscher bzw. zu langer Anwendung zu einer zu großen Zartheit, also einer musartigen oder breiigen Konsistenz führen kann („overtenderization“) (vgl. Ashie et al. 2002, 2138). Bromelain ist eine Gruppe proteolytischer Enzyme aus der Familie der Bromeliacea, deren bekanntester Vertreter die Ananas ist. Ähnlich wie Papain baut auch Bromelain alle Gewebsarten ab und kann so auch zu einer „overtenderization“ führen. Eine weitere Quelle für pflanzliche proteolytische Enzyme ist die Kiwifrucht. Das enthaltene Enzym Actinidain baut myofibrilläre Proteine ab, was zur

Folge hat, dass neue Peptide gebildet werden und ebenfalls Calpain aktiviert wird, das natürlich im Muskel vorkommt und ebenfalls Einfluss auf die Zartheit des Fleisches hat. Actinidain ist jedoch auch ein Allergen, das bei Kindern und Erwachsenen allergische Reaktionen hervorrufen kann (vgl. Marques et al. 2010, 2f). Der ideale Fleischzartmacher wäre also ein proteolytisches Enzym, das spezifische Funktionen hätte und die Strukturproteine Kollagen und Elastin abbauen würde (vgl. ebd. 2).

2.4.4 Garen

Garen ist ein Prozess, während dem Lebensmitteln grundsätzlich Energie zugeführt werden muss. Durch die zugeführte Energie wandelt sich die Rohware physio-chemisch in einen verzehrbaren Zustand um. Textur, Geschmack, Farbe und Form des Lebensmittels werden so beeinflusst (vgl. Schlich 2010, 185). Außerdem werden eventuell vorhandene Mikroorganismen abgetötet (vgl. Honikel 2003, 77). Das Endergebnis hängt sowohl von der Rohwarenqualität, den technischen Eigenschaften des Gargeräts als auch vom Verbraucher und dessen gewählten Garparametern ab (vgl. Schlich 2010, 185). Fleisch verliert während des Erhitzens Wasser. Bei zum Beispiel Suppenfleisch können bei längerer Erhitzung bei 100°C bis zu 45% Wasser verloren gehen. Bei kurzem Erhitzen sind diese Verluste geringer (vgl. Honikel 2003, 77).

Während des Garens wird Eiweiß denaturiert. Diese Eiweißmoleküle sind im lebenden Organismus bei ca. 38°C und bei einem pH-Wert von 7 in ihrer nativen Form vorhanden. Kurz nach dem Schlachten und während des in Kapitel 2.4.1 erwähnten pH-Wert-Abfalls werden lediglich wenige Proteine denaturiert. Dies nimmt bei Temperaturen ab 40°C zu. Es folgt ebenfalls die Auflösung der Zellwandlipiddoppelmembran. Die gelösten Proteine denaturieren bei 40°C bis 50°C, während die fibrillären Proteine bei 50°C bis 70°C beginnen, zu denaturieren. Ab ca. 60°C schrumpft das Bindegewebe. Schrumpfen ist immer mit dem Verlust von Wasser verbunden, das bedeutet, dass bei höheren Temperaturen vermehrt Wasser aus dem Fleisch austritt. Dabei wird die Struktur fester resp. zäher. Deshalb ist blutiges bis rosageartiges Fleisch nicht nur zarter als ganz durchgebratenes, sondern durch den höheren Wassergehalt auch saftiger (vgl. Honikel 2003, 78ff). Ab ca. 71°C denaturiert das dem Fleisch seine rote Farbe gebende Myoglobin, dessen Aufgabe es ist, Sauerstoff über ein Eisenion für die Muskelzellen bereitzustellen. Aus dem Myoglobin wird Metmyoglobin. Dieses Molekül weist eine graubraune Farbe auf (vgl. Gruber 2008, 119). Wenn Fleisch lange bei über 80°C in Flüssigkeit erhitzt wird, löst sich ein Teil des Bindegewebes in Gelatine auf (Gelatinierung) und es wird wieder zarter. Der Fettgehalt spielt während und nach dem Braten ebenfalls eine Rolle. Beispiel: ein mageres

Roastbeef mit 1,2% Fett wird in pflanzlichem Öl gebraten. Es wird ca. 28% des Gewichts verloren, weil primär Wasser austritt. Der Fettgehalt aber steigt von 1,2% auf 2,2%, da Bratfett aufgenommen wird (vgl. Honikel 2003, 78ff).

Viele Lebensmittel besitzen Inhaltsstoffe, die für den menschlichen Genuss nicht geeignet sind. Einige von diesen ungenießbaren Inhaltsstoffen können durch die Anwendung von Garverfahren inaktiviert werden (z.B. Lectine oder Phytohämagglutinin in Hülsenfrüchten). Ebenfalls werden Mikroorganismen, die teilweise in erheblichen Mengen auf Lebensmittel zu finden sind, bei 70°C bis 80°C abgetötet. Einige Nährstoffe und Lebensmittelinhaltsstoffe werden erst durch das Garen für den Menschen verfügbar gemacht (vgl. Schlich 2010, 186).

2.4.4.1 Garen in trockener Wärme

Garen in trockener Wärme erfolgt auf einer heißen Oberfläche in Luft oder Fett als Garmedium (vgl. Schlich 2010, 196). Im Gegensatz dazu wird beim Garen in feuchter Wärme in Wasser oder in Wasserdampf gegart. Hier werden unter Atmosphärendruck Temperaturen von 75°C bis 100°C oder unter Überdruck bei 100°C bis 122°C verwendet (vgl. ebd. 190). Beim Garen in trockener Wärme wird vom Fett oder der Luft die Wärmeenergie durch Konvektion von der Wärmequelle auf das Gargut übertragen. Hat das Gargut direkten Kontakt mit der Oberfläche, erfolgt die Wärmeübertragung durch Wärmeleitung. Die Oberflächen und das Garmedium (Luft, Fett) haben eine Temperatur zwischen 140°C und 450°C, abhängig vom angewandten Verfahren. Temperaturen über 130°C lösen intensive Reaktionen zwischen Proteinen und Zuckern – die Maillard-Reaktion - aus. Diese Reaktionen sind maßgeblich daran beteiligt, dass sich eine Kruste oder Oberflächenbräunungen bilden. Dies führt auch zur Entwicklung der typischen Röst- und Brataromen (vgl. ebd. 198).

2.4.4.2 Sensorische Veränderungen während des Garens

Viele Lebensmittel verändern sich während und nach dem Garen insofern, dass sie vom Menschen sensorisch als positiv angesehen werden. So erhalten beispielsweise Karotten nach Zufuhr von Energie einen intensiven süßlichen Geschmack. Farbveränderungen bei Gemüse sind durch den Übergang von Chlorophyll zu Phäophytinen zu erklären. Grund dafür ist die Beeinflussung der Enzymaktivität, so zeigen sich kurz blanchierte Lebensmittel durch das Hemmen der Enzymaktivität in starken Grüntönen. Langes Garen baut Chlorophyll ab, was der Grund für braungrüne und olivgrüne Farbtöne ist (vgl. Schlich 2010, 187).

Beim Erhitzen von Fleisch verändern sich die Muskelproteine. Fibrilläre Proteine machen ca.

50 bis 55% des Muskelproteins aus. Im Muskelfleisch liegen die wichtigsten Proteine in fibrillären Strukturen vor (Aktin, Myosin, Kollagen). Während des Erhitzens ziehen sich die häufig gestreckten Strukturen zusammen. 30 bis 34% der Muskelproteine machen sarkoplasmatische Proteine aus, das sind gelöste globuläre Proteine (vorwiegend Enzyme und Myoglobin) und 10 bis 15% sind Bindegewebsproteine, überwiegend Kollagen. Ändern sich die Konformationen von Proteinen, bezeichnet man das als Denaturierung. Sarkoplasmatische Proteine denaturieren bei 40 bis 60°C. Durch ihre gelbildende Eigenschaft, wodurch fibrilläre Strukturen zusammenhalten werden, haben sarkoplasmatische Proteine positive Effekte auf die Zartheit des Fleisches, wenn langsam und mit niedrigen Temperaturen gegart wird. Aktin und Myosin sind myofibrilläre Proteine. Myosin-Untereinheiten denaturieren bei 54 bis 59°C, Aktin zwischen 80 – 83°C.

Verschiedene Proteine denaturieren bei unterschiedlichen Temperaturen. Die Zellmembran wird zerstört und es folgt das Schrumpfen in der Länge und im Querschnitt. Außerdem wird das Bindegewebe aufgelöst.

Die Wasserbindungsfähigkeit verändert sich ebenfalls beim Erhitzen. Im lebendigen Muskel liegt die meiste Flüssigkeit zwischen Aktin- und Myosinfilamenten in den Zwischenräumen gebunden. Während des Garens steigt die Flüssigkeitsmenge zwischen den Faserbündel und Bindegewebschicht bis zu einer Kerntemperatur von 50°C ehe sie bei 70°C durch Schrumpfen der Bindegewebschicht wieder ein Minimum erreicht.

Durch Zugabe von Salz kann solch starken Wasserverlust entgegen gewirkt werden, da so das Wasserbindungsvermögen steigt (vgl. Weiler 2016, 159ff).

2.4.4.3 Maillard-Reaktion

Die Maillard-Reaktion ist nicht eine einzige Reaktion, sondern ist der Sammelbegriff für mehrere Reaktionen. Ab ca. 140°C verbinden sich Zuckermoleküle und Aminosäuren unter Abgabe von Wasser und es entstehen Melanoide. Melanoide sorgen für die charakteristischen Aromaentwicklungen von gebackener Brotkruste, geröstetem Kaffee oder gebratenem Fleisch. Endprodukte, die ab einer Temperatur von 220°C entstehen, weisen kanzerogene Verbindungen auf (vgl. Gruber 2008, 122). Enzyme spielen bei der Bildung von Melanoiden keine Rolle, darum spricht man bei der Maillard-Reaktion von einer „nicht enzymatischen Bräunungs-Reaktion“ (vgl. Elmadfa 2015, 97).

2.4.4.4 Wärmeleitung

Es gibt für den Austausch von Wärme zwischen verschiedenen warmen Körpern drei Möglichkeiten: Wärmeleitung, Konvektion und Wärmestrahlung. Folgend wird lediglich die Wärmeleitung genauer bearbeitet, weil sie als einzige relevant für die praktischen Untersuchungen ist. Die Wärmeleitung ist in erster Linie in Festkörpern wichtig (vgl. Kuypers 2012, 353). In Festkörpern erfolgt die Wärmeleitung durch Zusammenstöße von schwingenden Atomen. Je leichter die Atome sind, desto besser übertragen die Schwingungen die Wärme. Von allen natürlichen Materialien hat isotopenreiner Diamant die größte Wärmeleitfähigkeit. Der kristalline Aufbau in Legierungen ist gestört, was dazu führt, dass die Wärmeleitfähigkeit verringert wird. Darum sind Edelstähle beispielsweise nur mittlere Wärmeleiter (vgl. Kuypers 2012, 330ff).

2.5 Sensorik Allgemein

2.5.1 Definition

Die Wissenschaft der Sensorik beschäftigt sich mit Produkten und ihre Wahrnehmung durch die menschlichen Sinne. Sensorische Eigenschaften nehmen dabei eine zentrale Rolle ein. Produkte, die unangenehm riechen oder schmecken werden nicht verkauft. Jedoch begrenzt sich die Sensorik nicht nur auf den Lebensmittelsektor sondern findet auch in der Kosmetik-, Papier- oder Automobilindustrie Anwendung. Das Verkosten alleine reicht jedoch nicht, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten. Sie ist zwar ein wichtiger Teil der Sensorik, jedoch nicht alles. Es werden immer mehrere Prüfpersonen unter bestimmten Umständen und unter Anwendung einer passenden Prüfmethode benötigt (vgl. Derndorfer 2016, 15).

2.5.2 Sensorische Tests

Die Unterteilung der Prüfmethoden erfolgt in hedonische (subjektive) und analytische (objektive) Methoden. Hedonische Tests können zu Hause oder beispielsweise in Einkaufszentren durchgeführt werden, wo die Testpersonen die Konsumenten sind. Oft wird nach Präferenz oder Akzeptanz gefragt. Z.B.: „Welches Erdbeerjoghurt schmeckt Ihnen am besten?“ oder „Welche Kräuterteezusammensetzung kommt bei Ihnen am besten an?“

Analytische Prüfmethoden können Rangordnungs-, Schwellen- oder Unterschiedsprüfungen, aber auch Rangordnungsprüfungen oder Intensitätsbeurteilungen sein. Diese werden mittels Skalen oder deskriptiven Prüfungen ermittelt. Hierbei steht nicht die subjektive Wahrnehmung der Testpersonen im Vordergrund sondern ein objektives Urteil. Z.B.: „Wie entwickelt sich ein Hartkäse während der Reifung?“ oder „Schmeckt ein Mineralwasser der gleichen Marke aus

einer PET-Flasche anders als aus einer Glasflasche?“ (vgl. Derndorfer 2016, 73f).

Skalen werden verwendet, um im Rahmen von analytischen Tests die Intensität eines Attributs zu bewerten (vgl. Derndorfer 2016, 110). Folgende Eigenschaften sollten die Skalen aufweisen:

- Unkompliziertheit
- Verständlichkeit für Testperson
- Relevanz. Jedes Attribut, das relevant ist, soll gemessen werden
- Sensibilität für Unterschiede. Je länger eine Skala, desto mehr Sensibilität lässt sie zu
- Unverzerrtheit (vgl. Stone, Siedel, 2004)

3. Material und Methodik

3.1 Verwendete Geräte

Es wurde bei den nachfolgenden Versuchen großer Wert auf Vergleichbarkeit gelegt, darum wurden immer die gleichen Kochstellen und Pfannen verwendet. Die Kochstellen waren einzelne Kochfelder - mit Ausnahme eines industriellen Vertreters aus der Großküche, der Kippbratpfanne. Anschließend werden die einzelnen Geräte genauer beschrieben.

3.1.1 Gargeschirr

Zunächst wurden für die ersten Grundlagenversuche drei verschiedene Pfannen verwendet, bis für die Versuche mit Einlage nur noch die Alu-Guss-Pfanne Woll X138 hergenommen wurde. Neben dieser Alu-Guss-Pfanne kamen eine beschichtete Pfanne der Marke Tefal und eine Edelstahlpfanne zum Einsatz.

Tab. 1: Eigenschaften der verwendeten Pfannen

Pfannenart	Woll X138 (Alu-Guss-Pfanne)	Tefal	Edelstahlpfanne
Gewicht g	2020	1085	504
Durchmesser cm	21,5	21	18

3.1.2 Kochstellen

Hendi (Infrarot)

Die Infrarotkochstelle von Hendi ist eine klassische Glaskeramikkochstelle. Dieses Modell bietet zwei Kochstellen: eine Kleinere mit einem Durchmesser von 15cm und einer Leistung von 1200W, und eine größere Kochstelle mit einem Durchmesser von 18cm mit einer Leistung von

1800W. Für die Versuche wurde ausschließlich mit der großen Kochstelle gearbeitet. Diese Kochstelle erbringt eine spezifische Heizleistung von $7,07\text{W}/\text{cm}^2$ (vgl. Betriebsanleitung Hendi).

Severin (Gusskochplatte)

Die Gusskochstelle von Severin ist ein klassisches Gusskochfeld. Der Durchmesser beträgt 18,5cm und die Heizleistung 1500W. Die Steuerung ist stufenlos möglich und ist von 1 bis MAX eingeteilt. Laut Betriebsanleitung sind die Einstellungen 1-2 für Warmhalten, 3-4 für Fortkochen und 4-5 für Kochen geeignet. Diese Gusskochplatte erbringt eine spezifische Heizleistung von $5,59\text{W}/\text{cm}^2$ (vgl. Betriebsanleitung Severin).

Steba „HiLight“ (Infrarot)

Das „HiLight“ Kochfeld von Steba ist ebenfalls eine Glaskeramikkochstelle und nutzt laut Betriebsanleitung „durch Microcomputer gesteuerte fortschrittliche Technologie und infrarote Strahlung“ für eine bessere Wärmeübertragung. Angegeben sind eine Verringerung des Stromverbrauchs von 20% und eine kürzere Ankochzeit von 30% im Vergleich zu herkömmlichen Glaskeramikkochstellen. Die große Kochfläche hat einen Durchmesser von 18cm und kann auf verschiedene Heizleistungen, von 1200 bis 2000W in 200er Schritten, eingestellt werden. Somit bringt die „HiLight“ Kochstelle bei maximaler Einstellung, welche bei den Versuchen ausschließlich verwendet wurde, eine spezifische Leistung von $7,86\text{W}/\text{cm}^2$ (vgl. Betriebsanleitung Steba).

SilverCrest SIKP 2000 B1 (Induktion)

Als Vertreter einer Induktionskochstelle wurde die „SIKP 2000 B1“ von SilverCrest eingesetzt. Diese Kochstelle mit einem Durchmesser von 19,5cm kann ebenfalls in 200er Schritten von 200 bis 2000W reguliert werden. Alternativ kann man die Leistung auch mittels Temperatur regulieren und sie von 60°C bis 240°C einstellen. Sie hat einen Überhitzungsschutz eingebaut, der bei Erreichen einer Temperatur des Pfannenbodens von 300°C die Kochstelle ausschaltet. Diese Induktionskochstelle bringt eine spezifische Leistung von $6,70\text{W}/\text{cm}^2$ (vgl. Betriebsanleitung SilverCrest).

3.1.3 Industrielle Geräte

FRIMA VarioCookingCenter Kippbratpfanne

Das *VarioCookingCenter* der Firma *Rational* hat eine Kochoberfläche von 42dm^2 und erbringt

22 – 24kW Leistung mit sich. Laut Beschreibung erreicht die Kochoberfläche 200°C in unter zwei Minuten. Somit ergibt sich eine Leistung von 5,71W/cm². Dieses Gerät hat ein Fassungsvermögen von maximal 100 Litern. Neben den drei manuellen Programmen „Kochen“, „Braten“ und „Frittieren“ gibt es viele voreingestellte Programme, die ohne große Einschulung durchgeführt werden können. So gibt das Gerät immer wieder die Schritte vor, die durchgeführt werden müssen, um auf das gewünschte Ergebnis zu kommen. Beim Programm „Kurzbraten“, welches hier genutzt wurde, wird zu Beginn die Dicke des Stückes, die gewünschte Krustenfarbe und Kerntemperatur eingestellt. Nach dem Aufheizen des Tiegelbodens ertönt ein Geräusch und das Gargut kann eingelegt werden. Der integrierte Temperaturfühler wird in das Gargut eingestochen und das Programm wird fortgeführt. Nach dem Wenden, das ebenfalls durch ein Geräusch angekündigt wird, brät das Gargut solange, bis die gewünschte Kerntemperatur erreicht wird (vgl. <https://www.rational-online.com>).

3.1.4 Messinstrumente

- Infrarot Thermometer: *VOLTCRAFT InfraRed Thermometer IR 260-85*
- Energieverbrauch: *VOLTCRAFT Energy Logger 4000*
- Datenaufzeichnung: *Thermometer SD-Card Data Logger, PCE-T390*
- Thermometer: *Greisinger NiCr-Ni Drahtfühler GTF 300GS*

3.2 Lebensmittel

Eine Rinderlende diente als Grundlage für die Untersuchungen. Um möglichst ideale Ergebnisse zu erhalten, wurde darauf geachtet, dass das Fleisch vom selben Stück stammt. Darum wurden auch alle möglichen Daten der Schlachtung und des Tieres erfragt (siehe Anhang). Fleisch handelt sich darum sehr gut für solche Untersuchungen, weil seine chemische Struktur während der Garung sehr sensibel auf Temperaturunterschiede reagiert und darum vielseitige Aussagen erlaubt.

3.3 Sensorische Tests

Für die Untersuchung wurde die Rinderlende in 2,5cm dicke Stücke geschnitten. Es stammen alle Steaks aus demselben Stück desselben Tieres. Das Ursprungsgewicht der einzelnen Proben wurde vor und nach dem Garen ermittelt und notiert. Für die Antwortbögen wurde einerseits auf die *Ranking Descriptive Analysis (RDA)* zurückgegriffen. Diese Methode ist eine Kombination aus Rangordnung und Beschreibung. Es wird ein einheitliches Attribut generiert (hier Zartheit) und die Proben werden anhand dieses Attributes in eine Rangordnung gebracht. Dies

hat den Vorteil, dass kein Training einer Intensitätsskala notwendig ist, weil auf eine relative Intensität eingegangen wird. Das heißt, es werden nur die Proben in eine Rangordnung gebracht und nicht die einzelnen Attributintensitäten (absolute Intensität) (vgl. Derndorfer 2016, 123). Um aber ebenfalls die Frage nach der Bevorzugung zu klären, wird der Bogen mit einer weiteren Fragestellung ergänzt. Hier geht es darum, ob die Prüfpersonen bei den Proben etwaige Fehlgeschmäcker bemerken – und wenn ja, welche. Die Rangordnungsprüfungen werden dann durchgeführt, wenn mehr als zwei Proben zu vergleichen sind (vgl. ebd. 144f).

Sensoriktest 1:

Gibt es Unterschiede in Zartheit, Saftigkeit und Farbe des Steaks, wenn es auf unterschiedlichen Kochstellen zubereitet wird? Hat die Abkühlung und Wiederaufheizung des Pfannenbodens und Leistung der Kochstellen nach Eingabe des Lebensmittels Einfluss auf die Eigenschaften des fertiggegartes Produktes?

Die Proben wurden in rohem Zustand gewogen. Als Pfanne diente eine in den Grundlagentests als geeignetsten beurteilte Gusseisenpfanne, die auf jeweils der Gusskochstelle, der Induktionskochstelle und den zwei Glaskeramikkochstellen erhitzt wurde. Als industrieller Vertreter wurde die Kippbratpfanne verwendet. Es wurde jeweils bei Erreichen von einer Temperatur des Pfannenbodens von 180°C das Steak eingelegt und bei einmaligem Wenden auf eine Kerntemperatur von 57°C gegart. Jede Seite wurde 2,5 Minuten gebraten. Die Probe wurde anschließend herausgenommen, gewogen und zum Ruhen unter Aluminiumfolie auf die Seite gelegt. Im ersten sensorischen Test wurden auf dem Antwortbogen unstrukturierte Skalen verwendet. Sie bestehen aus einer Linie für jede Kategorie. Sie ist kontinuierlich, was ein Vorteil zur kategorisierten Skala darstellt, welche aus Boxen oder Nummern zum Ankreuzen besehen (siehe Anhang). Diese Skalen sind unipolar, das heißt es dreht sich um die Intensität eines Attributes (vgl. Derndorfer 2016, 110). In vorliegender Studie betrug der maximal erreichbare Wert 140.

Sensoriktest 2:

Im Zuge der Untersuchungen wurde immer wieder auf das Thema der Zartheit eines Steaks eingegangen. Ob bei der Reifung oder bei der richtigen Zubereitung wird immer das Ziel verfolgt, ein zartes Steak zu erhalten. Im Zuge dieser Sensorikprüfung wurden fünf Steaks miteinander verglichen, die vorher auf unterschiedliche Arten behandelt wurden. Einerseits sollten Methoden bestätigt oder widerlegt werden, andererseits sollte herausgefunden werden, ob die Methoden das Steak geschmacklich so weit veränderten, dass ein Fehlgeschmack bemerkt wird.

Steak 1 (hier Probe 29) wurde eine Stunde vor Zubereitung mit Salz eingerieben und bei Raumtemperatur stehen gelassen. Anschließend wurde es abgespült und trockengetupft, bevor es zubereitet wurde. Steak 2 (hier Probe 11) wurde mit Ananaspüree mariniert. Eine frische Ananas wurde geschält und in einem Mixer zu einem Mus püriert. Anschließend wurde das Mus über das Steak gegeben und eingerieben. Es wurde 15 Minuten stehen gelassen bis es abgespült, trockengetupft und zubereitet wurde. Steak 3 (hier Probe 74) wurde mit Kiwipüree behandelt. Die Durchführung ist die gleiche wie die Methode mit der Ananas. Steak 4 (hier Probe 35) ist der Vertreter für mechanische Zartmacher. Das Steak wurde vor dem Braten mit einem „Steaker“ behandelt und mit vielen kleinen Löchern versetzt. Anschließend wurde es zubereitet. Steak 5 (hier Probe 93) wurde gar nicht behandelt und direkt zubereitet. Damit alle Proben warm zu den Testpersonen kamen, wurden die Steaks im Kombidämpfer bei 80% Luftfeuchtigkeit bei 50°C warmgehalten. Diese Methode hat sich im Vorversuch als passend erwiesen, weil die warmgehaltenen Proben keine signifikanten sensorischen Unterschiede zu den frisch gebratenen zeigten.

Tab. 2: Fleischproben und ihre Behandlung vor der Zubereitung

Probe 29	Eine Stunde vor dem Braten salzen
Probe 11	15 Minuten vor dem Braten in Ananaspüree einlegen
Probe 74	15 Minuten vor dem Braten in Kiwipüree einlegen
Probe 35	Mechanisches Zartmachen
Probe 93	Nicht behandelt

Verkosten:

Es wurden gleichgroße Scheiben herunterschnitten und gekennzeichnet als eine zufällige Probennummer an die Testpersonen verteilt. Diese probierten die Proben und füllten den dazugehörigen Fragebogen aus (siehe Anhang).

Auswertung:

Anhand eines Mittelwerts wurde in der Auswertung untersucht, ob Unterschiede in Zartheit, Saftigkeit, Farbe der Kruste oder Farbe des Fleisches (Garverlauf) zu erkennen sind um somit die Frage zu beantworten, ob die Abkühlung und Wiederaufheizung einen Einfluss auf das fertig gegarte Produkt haben.

3.2 Physikalische Untersuchungen

Im Zuge der praktischen Tests wurde das Verhalten von bestimmten Gargeschirren auf unterschiedlichen Kochstellen untersucht. Das Hauptaugenmerk lag auf den Temperaturveränderun-

gen des Pfannenbodens, der Abkühlung des Pfannenbodens nach Eingabe des Lebensmittels, die je nach Kochstelle unterschiedlichen Wiederaufheizzeiten und deren einen Einfluss auf das Gargut. Somit wird auch untersucht, ob allgemein gültige Vorgaben, beispielsweise dass die ideale Pfannentemperatur für Steaks bei mindestens 170°C liegen sollte (Gruber 2008, 118), auch in der Praxis so umsetzbar sind. Dieser Einfluss wird im Rahmen einer sensorischen Prüfung ermittelt.

Die genaue Messung der Temperatur des Pfannenbodens war nicht unproblematisch. Die aufgetretenen Probleme und Schwierigkeiten und etwaige Lösungen eben derer werden im Kapitel 5 beschrieben.

Begonnen wurde mit grundlegenden Tests, um die Eigenschaften verschiedener Kochstellen und Pfannen herauszufinden. Der Temperaturverlauf und Aufheizzeit wurde anhand von mehreren Messmethoden ermittelt und in Diagrammen veranschaulicht. So konnten die Temperaturentwicklungen ebenfalls anschaulich verglichen werden.

Die Temperaturmessmethode, die sich den Umständen entsprechend am idealsten erwies, war jene mit Klebethermometer, die mit hitzebeständigem Klebeband auf dem Pfannenboden befestigt wurden.

3.2.1 Aufheizzeit und Energieverbrauch der Kochstellen

Um die Geräte und Kochstellen und ihre Charakteristika zu untersuchen, wurde zu Beginn jede Kochstelle mit einer haushaltsüblichen beschichteten Pfanne mit einem Pfannenbodendurchmesser von 15cm kombiniert und aufgeheizt. Ziel des ersten Grundlagentests war es, die Dauer zu ermitteln, die von den Kochstellen gebraucht wird, um eine Temperatur von 260°C zu erreichen. Gemessen wurde in diesem ersten Versuch mit einem Infrarotthermometer (*VOLTCRAFT InfraRed Thermometer IR 260-85*).

3.2.2 Aufheiz-/Abkühlverhalten verschiedener Pfannen auf verschiedenen Kochstellen

Die nächsten Versuche konzentrierten sich auf das Zusammenspiel von drei verschiedenen Pfannen und den vier Kochstellen. Die Pfannenoberflächentemperatur wurde mit *Greisinger NiCr-Ni Drahtfühler GTF 300GS* gemessen. Die Ergebnisse waren gleichmäßig, was diese Art der Temperaturmessung auch für weitere Versuche qualifizierte.

Jede Pfanne wurde auf jeder Kochstelle auf 200°C aufgeheizt und dann ausgeschaltet, um ebenfalls Vergleiche der Abkühlungszeit bzw. Fortkochfähigkeiten erstellen zu können.

Um die Eigenschaften der Pfannen am anschaulichsten darzustellen, wurden die Temperatur-

entwicklungen jeder Pfanne auf jeder Kochstelle in einem Diagramm gegenüber gestellt.

3.2.3 Fortführende Versuche mit der Gusseisenpfanne bei Maximalleistung

Die Gusseisenpfanne hat sich als die geeignetste Pfanne erwiesen, da sie die größte Wärmekapazität aufweist und so einen Temperaturabfall besser kompensieren kann und wurde darum auch in den weiterführenden Tests verwendet. Ihre Wärmespeicherkapazität ist eine sehr gute Voraussetzung für die weiteren Versuche mit Fleisch.

Um das Verhalten der Gusseisenpfanne auf den vier Kochstellen vergleichen zu können, wurde eine Aufheizzeit von 10 Minuten gewählt. Die Zeitspanne ist praxisorientiert, weil für das Braten eines durchschnittlichen Steaks in der Regel nicht länger als 10 Minuten Heizleistung benötigt werden. Weiterführend wurde der Temperaturabfall der Pfanne auf den Kochstellen dokumentiert, um die Fortkochfähigkeiten zu veranschaulichen.

Die Messung des Energieverbrauchs nach 10 Minuten Maximalleistung zeigt alle Kochstellen mit ähnlichen Ergebnissen. Die Glaskeramikkochfelder werben in den Betriebsanleitungen mit reduziertem Energieverbrauch. Im Vergleich dazu scheint die klassische Gusskochstelle durch ihre lange Aufheizzeit viel Energie zu verbrauchen (siehe Abb. 6).

3.2.4 Wärmeverteilung in der Gusseisenpfanne

Ein weiterer untersuchter Punkt in den Grundlagenversuchen, der ebenfalls für die Tests mit dem Lebensmittel relevant ist, ist die lokale Temperaturentwicklung auf dem Pfannenboden. Für diesen Versuch wurden dem Durchmesser entlang sieben Messpunkte aufgetragen (siehe Abb. 5). Es wurden wieder alle vier Kochstellen verglichen und die Verläufe wurden an Hand von Diagrammen veranschaulicht (siehe Abb. 12 - Abb. 16).

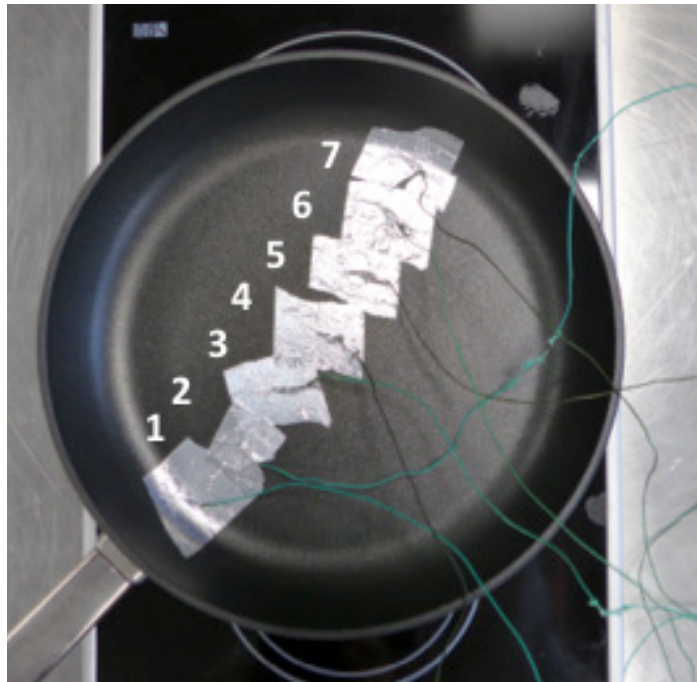


Abb. 2: Messpunkte auf der Pfannenoberfläche

Die Kochstellen wurden wie beim Vorversuch 10 Minuten bei maximaler Leistung eingeschaltet und anschließend ausgeschaltet. Die Abkühlungszeit wurde in den Graphen ebenfalls berücksichtigt. Zu erwähnen ist wiederum die Induktionskochstelle, die nach 5:20 durch den Überhitzungsschutz automatisch ausgeschaltet wurde. Trotzdem wurde der Temperaturverlauf gleich lange, sprich insgesamt 25 Minuten, dokumentiert.

3.2.5 Wärmeverteilung in der Kippbratpfanne

Als industrieller Vertreter eines Gargerätes wurde eine Kippbratpfanne der Firma „Frima“ (*FRIMA VarioCookingCenter*) untersucht. Für die Grundagentests und die Möglichkeit, die Temperaturkurven zu vergleichen, wurde zunächst im Programm „Kurzbraten“ aufgeheizt und dann ausgeschaltet. Man kann erkennen, dass das voreingestellte Programm den Tiegelboden auf eine voreingestellte Temperatur von ca. 185°C-190°C aufheizt, ehe es sich als Bereit für das Einlegen des Garguts meldet. Dieser Temperaturverlauf wurde anhand von vier angebrachten *Greisinger NiCr-Ni Drahtfühler GTF 300GS* ermittelt, um etwaige Temperaturschwankungen auf dem Tiegelboden zu erkennen.

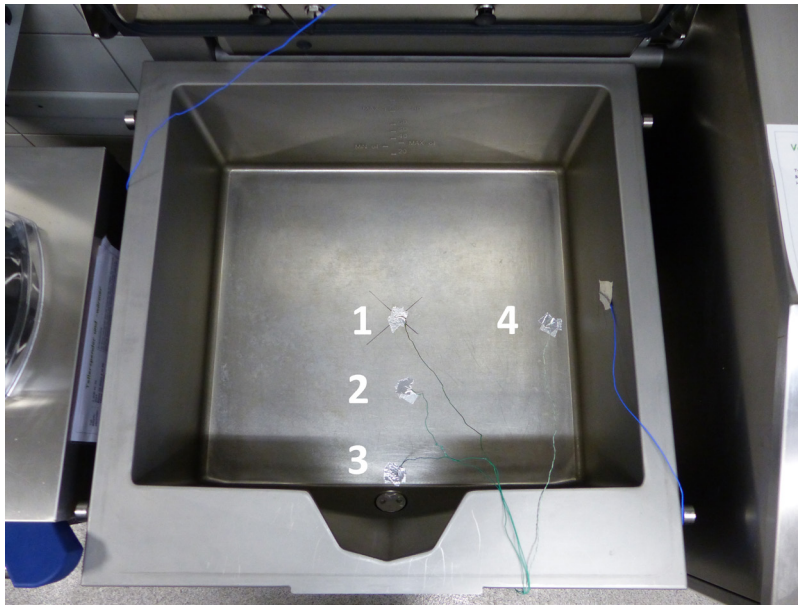


Abb. 3: Messpunkte auf der Bratoberfläche der Kippbratpfanne

3.2.6 Temperaturverlauf des Pfannenbodens während des Bratens

Um der Frage nachzugehen, inwiefern sich die Temperatur des Pfannenbodens verändert, wenn ein Gargut eingelegt wird, wurde, wie in Kapitel 3.1.4 erwähnt, mit einem Steak gearbeitet, bei dem auf eine möglichst gleichmäßige Beschaffenheit der unterschiedlichen Stücke geachtet wurde.

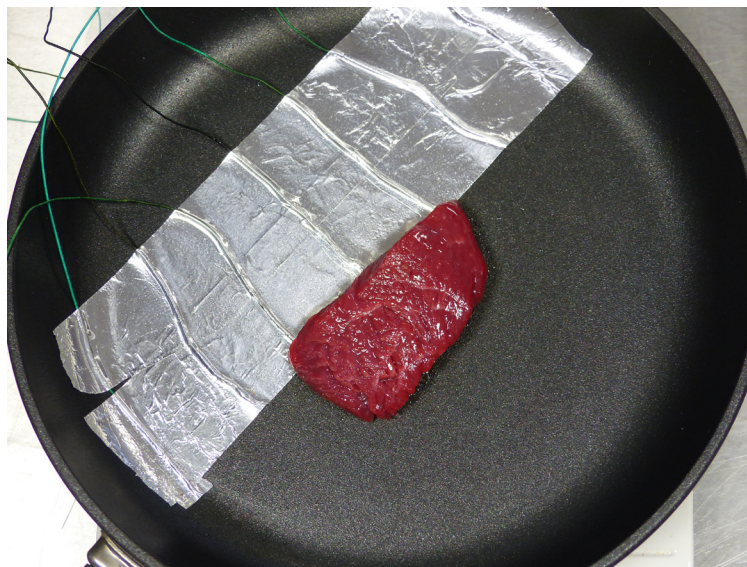


Abb. 4: Position eines Fleischstückes auf Messpunkten

Die Pfanne wurde wie bei den Grundlagenversuchen von den jeweiligen Kochstellen erwärmt. Bei Erreichen einer Temperatur des Pfannenbodens von 180°C wurde das Fleisch in die Mitte der Pfanne auf die Messpunkte eingelegt und bis zur Zielkerntemperatur von 57°C 2,5 Minuten auf beiden Seiten gebraten. Diese Temperaturverläufe wurden in Diagrammen mit jenen der Grundlagenversuche zusammengeführt, um eine vergleichbare graphische Darstellung der Temperatur, abhängig der Zeit und des Bratvorgangs, zu erhalten. Der Übersichtshalber werden in den folgenden Abbildungen nicht jeweils alle sieben Zonen aufgeführt, sondern es wurde der Fokus auf die beiden inneren Zonen gelegt.

3.2.7 Temperatur der Bratoberfläche der Kippbratpfanne während des Bratens

Ähnlich wurde der Versuch auch mit dem industriellen Vertreter, der Kippbratpfanne, durchgeführt. Für den Bratvorgang wurde das Programm „Kurzbraten“ eingestellt. Das heißt, bei Erreichen einer Temperatur der Bratoberfläche von ca. 180°C (nach 2:20 Minuten) wurde das Steak eingelegt. Nach 2:40 Minuten Bratzeit wurde gewendet und mit dem Temperaturfühler auf eine Innentemperatur von 57°C fertiggegart. Nach einer Bratzeit von insgesamt 5:30 Minuten wurde das Steak gleich wie bei den haushaltsüblichen Kochstellen herausgenommen. Es lag während des Bratens direkt auf dem Messpunkt auf.

Es wurde im Vergleich von Fleischeinlage zu ohne Fleischeinlage keinerlei Auswirkungen auf Zone 2, 3 und 4 gemessen. Darum wurde übersichtshalber im Diagramm nur Zone 1 und Zone 2 betrachtet.

4. Ergebnisse

4.1 Aufheizzeit und Energieverbrauch der Kochstellen

Die Induktionskochstelle zeigte die kürzeste Aufheizzeit und erhitzte den Pfannenboden nach ca. 01:20 Minuten auf 260°C. Die beiden Glaskeramikkochfelder zeigten ähnliche Ergebnisse und erreichten die 260°C nach 03:10 Minuten (Steba) bzw. nach 03:30 Minuten (Hendi). Die Gusskochstelle wies eine viel längere Aufheizzeit auf wie ihre Konkurrenz und erhitzt den Pfannenboden erst nach ca. 07:20 Minuten auf 260°C. Dass die Gusskochstelle gleichzeitig bessere Eigenschaften bezüglich des Fortkochens aufweist, wird bei späteren Versuchen noch verdeutlicht.

Bezüglich des Energieverbrauchs konnte bei diesem Versuch ein klares Ranking aufgestellt werden. Jedoch muss beachtet werden, dass hier die reine Aufheizzeit und deren Energieverbrauch abgelesen wurde. Das heißt, die Kochstelle, die am längsten aufheizte, verbrauchte folglich auch am meisten Energie, wie Abbildung 3 zu entnehmen ist. Die Induktionskochstelle, die lediglich 01:20 Minuten eingeschaltet war, verbrauchte somit auch am wenigsten Energie und die Gusskochstelle mit 07:20 Minuten Aufheizzeit am meisten. Wie sich der Energieverbrauch bei gleichen Verhältnissen zeigt, wird später noch eruiert.

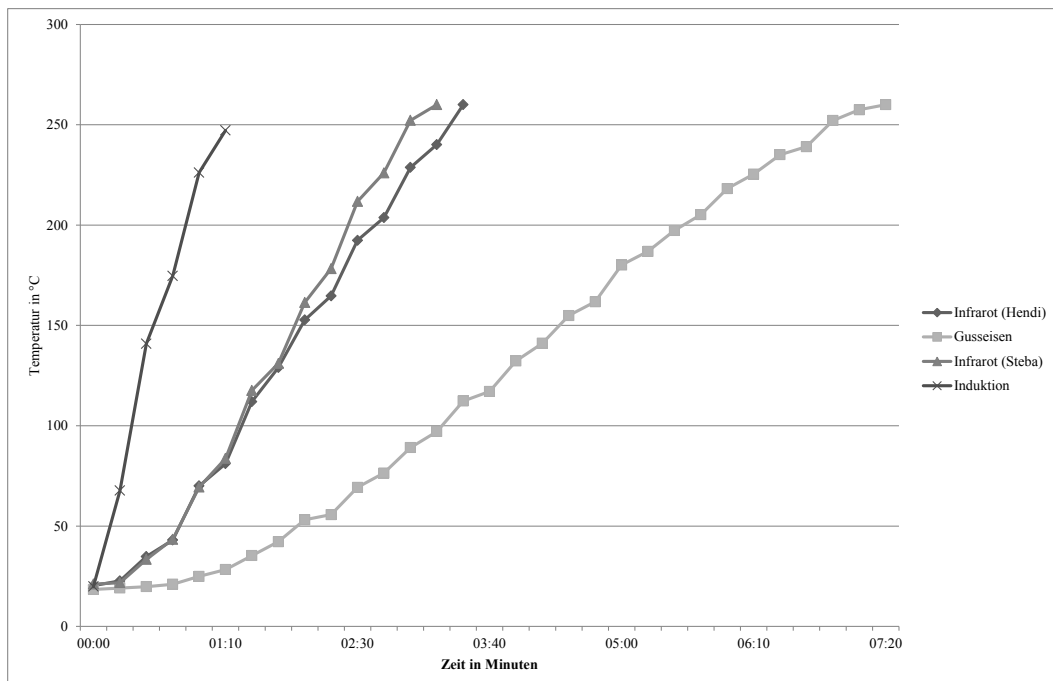


Abb. 5: Aufheizzeit des Pfannenbodens der Gusseisenpfanne auf verschiedenen Kochstellen bis 260°C

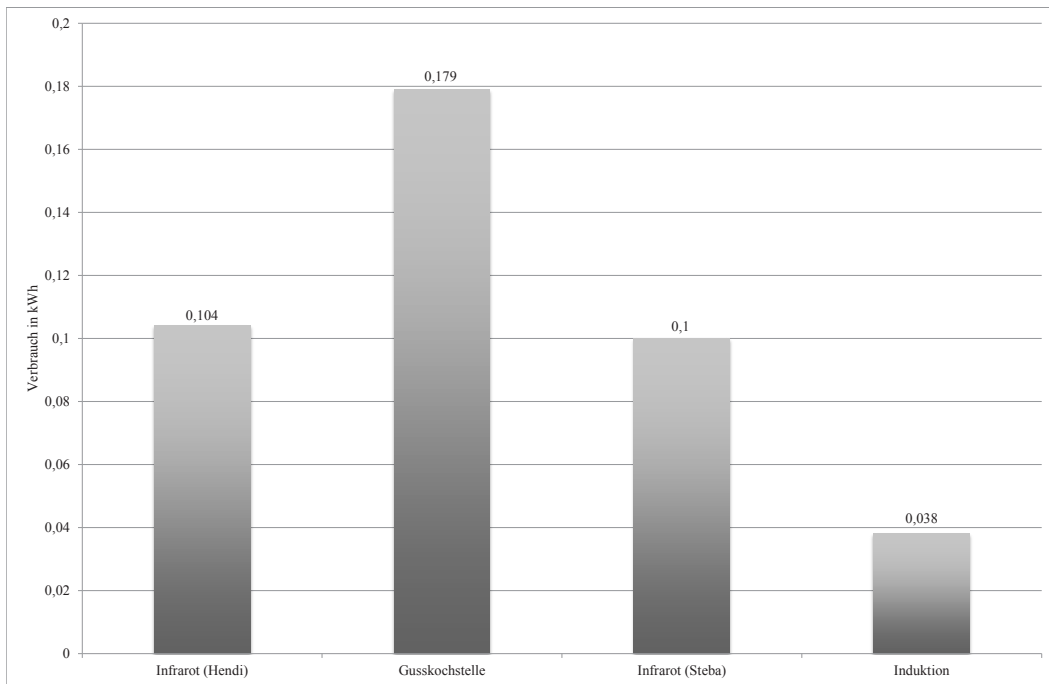


Abb. 6: Energieverbrauch der Kochstellen während des Aufheizens auf 260°C

4.2 Aufheiz/Abkühlverhalten verschiedener Pfannen auf verschiedenen Kochstellen

Die Induktionskochstelle zeigte mit allen Pfannen ähnliche Eigenschaften und erhitze sie relativ schnell. Die dünnbodige Edelstahlpfanne benötigte sogar nur 40 Sekunden bis sie auf 200°C aufgeheizt war, kühlte jedoch dementsprechend schnell ab (siehe Abb. 7). Im Vergleich dazu kann man bei der Gusseisenpfanne beobachten, dass sie durch ihre größere Masse längere Zeit benötigt, um auf die gewünschten 200°C aufgeheizt zu werden. Die Induktionskochplatte brauchte 2:40 Minuten, bis die Pfanne die Zieltemperatur erreichte. Auf der Gusskochstelle war die Gusseisenpfanne erst nach knapp 10 Minuten auf 200°C aufgeheizt. Durch die hohe Restwärmekapazität der Gusskochstelle kühlen die Pfannen darauf mit Abstand am langsamsten aus. Die Gusseisenpfanne, die selber eine hohe Wärmekapazität besitzt, wies 12 Minuten nach dem Ausschalten noch über 160°C auf (siehe Abb. 8). Alle Pfannen zeigten auf den Glaskeramikkochstellen ähnliche Eigenschaften.

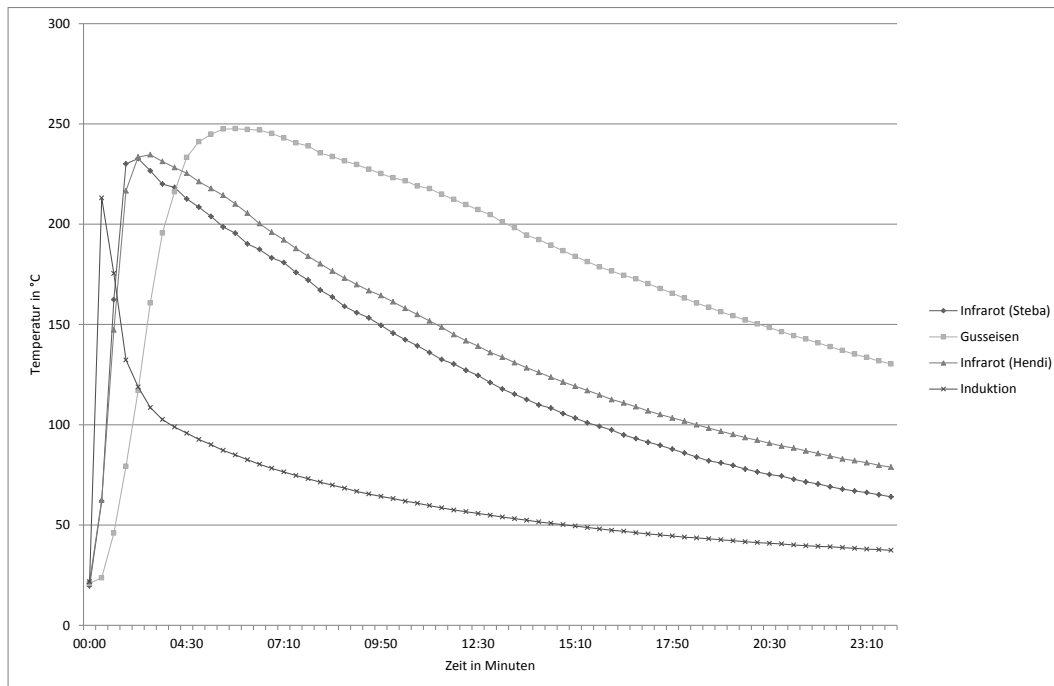


Abb. 7: Temperaturprofil während Aufheiz- und Abkühlphase, Pfannenboden Edelstahlpfanne, Abschalttemperatur 200°C

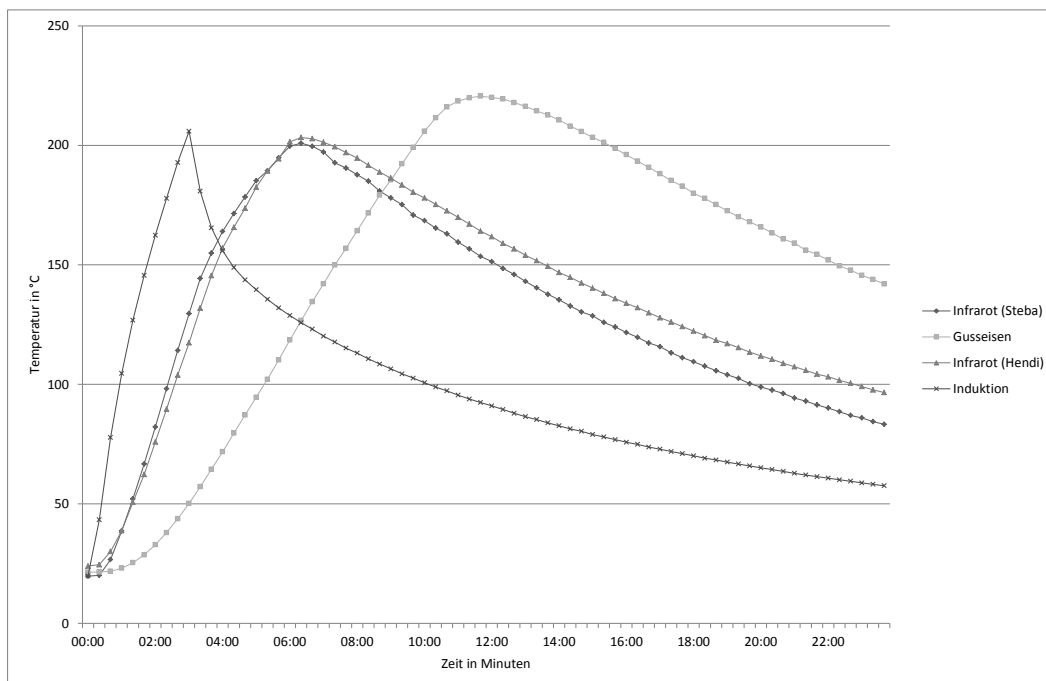


Abb. 8: Temperaturprofil während Aufheiz- und Abkühlphase, Pfannenboden Gusseisenpfanne, Abschalttemperatur 200°C

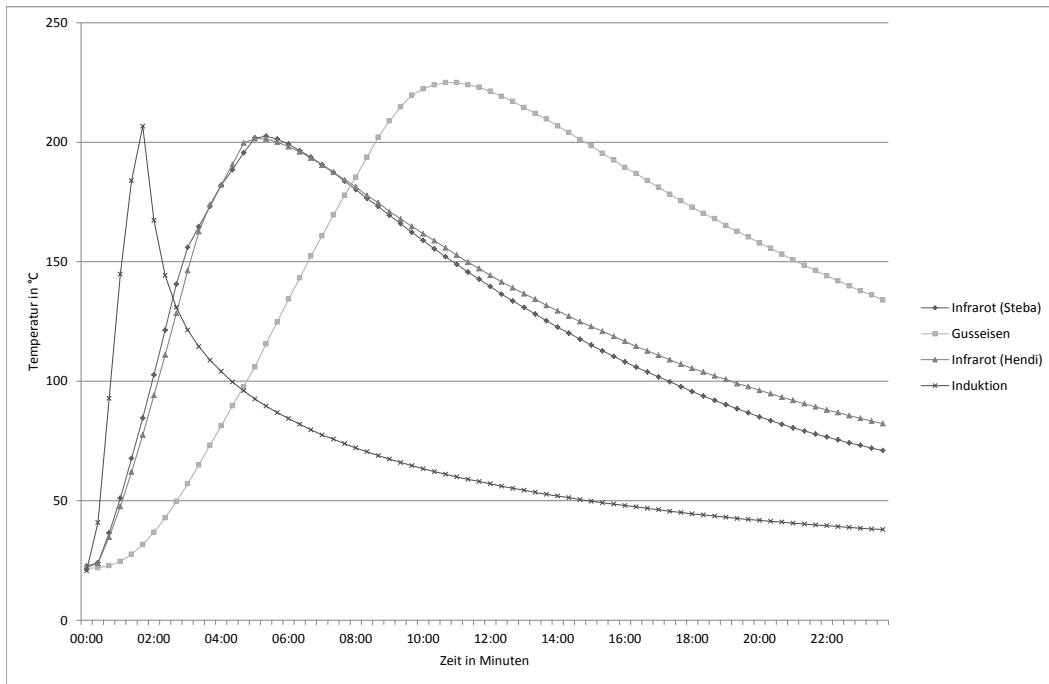


Abb. 9: Temperaturprofil während Aufheiz- und Abkühlphase, Pfannenboden besch. Pfanne, Abschalttemperatur 200°C

4.3 Fortführende Versuche mit der Gusseisenpfanne bei Maximalleistung

Die beiden Glaskeramikkochstellen zeigten ähnliche Temperaturprofile und heizten nach 10 Minuten maximaler Leistung den Pfannenboden auf ca. 250°C auf. Die Abkühlungszeit verlief auch wegen der Restwärme der Kochstelle relativ langsam, was dazu führte, dass die Pfanne 15 Minuten nach dem Ausschalten noch über 110°C heiß war. Die Gusseisenpfanne, die hier ihre Fortkochfähigkeiten am besten zeigen konnte, heizte die Pfanne am langsamsten auf. Die Pfanne erreichte nach 10 Minuten ca. 202°C. Erwähnenswert ist, dass die Pfanne auf der Gusseisenkochstelle knapp zwei Minuten nach Ausschalten ihr Maximum erreichte. Nach 11:40 Minuten war der Pfannenboden ca. 222°C heiß, ehe die Abkühlungsphase begann. Die Kurve zeigte etwas bessere Ergebnisse als die der Glaskeramikmodelle. 15 Minuten nach dem Ausschalten wies der Pfannenboden noch knapp 140°C. Der Überhitzungsschutz schaltete die Induktionskochstelle nach 5:30 Minuten, also bei Erreichen von 300°C, aus. Trotzdem wurde die Temperaturkurve in diesem Diagramm berücksichtigt, da der Unterschied zu den anderen Kochstellen in Bezug auf Auskühlungszeit veranschaulicht werden kann. Auf Grund der nicht vorhandenen Restwärme der Kochstelle kühlte die Pfanne rasch ab und war 15 Minuten nach dem Ausschalten nur noch knapp über 70°C warm (siehe Abb. 10). Die Auskühlungszeiten der

Edelstahlpfanne sind wie in Abbildung 7 zu erkennen überall sehr kurz. Die Kurven zeigen einen ähnlichen Verlauf und der Pfannenboden kühlt sofort nach dem Ausschalten drastisch ab.

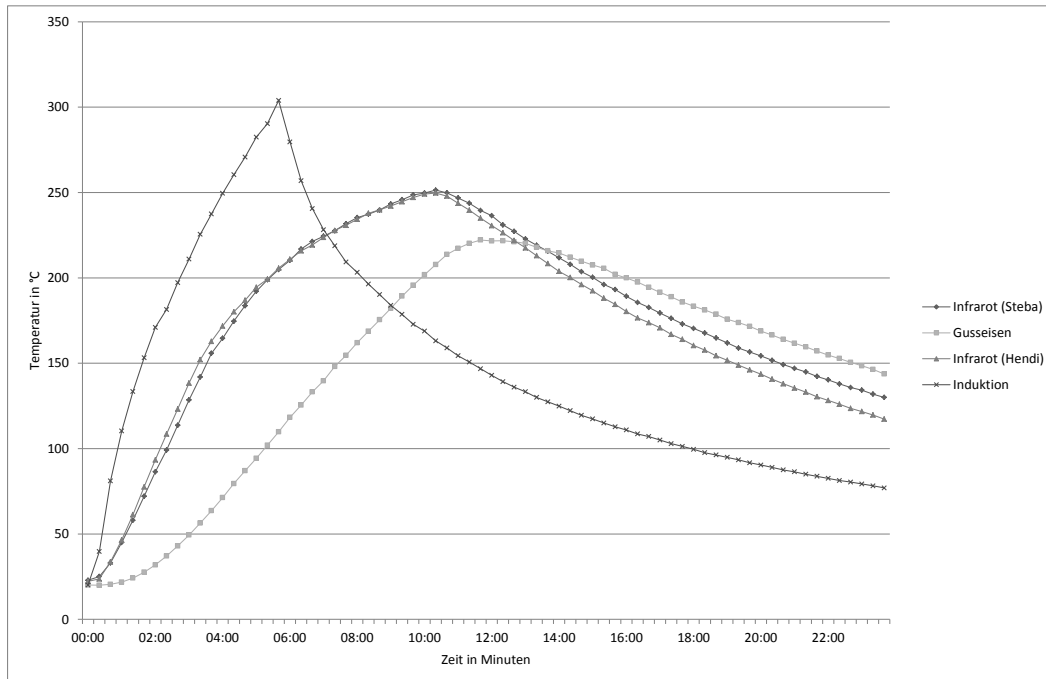
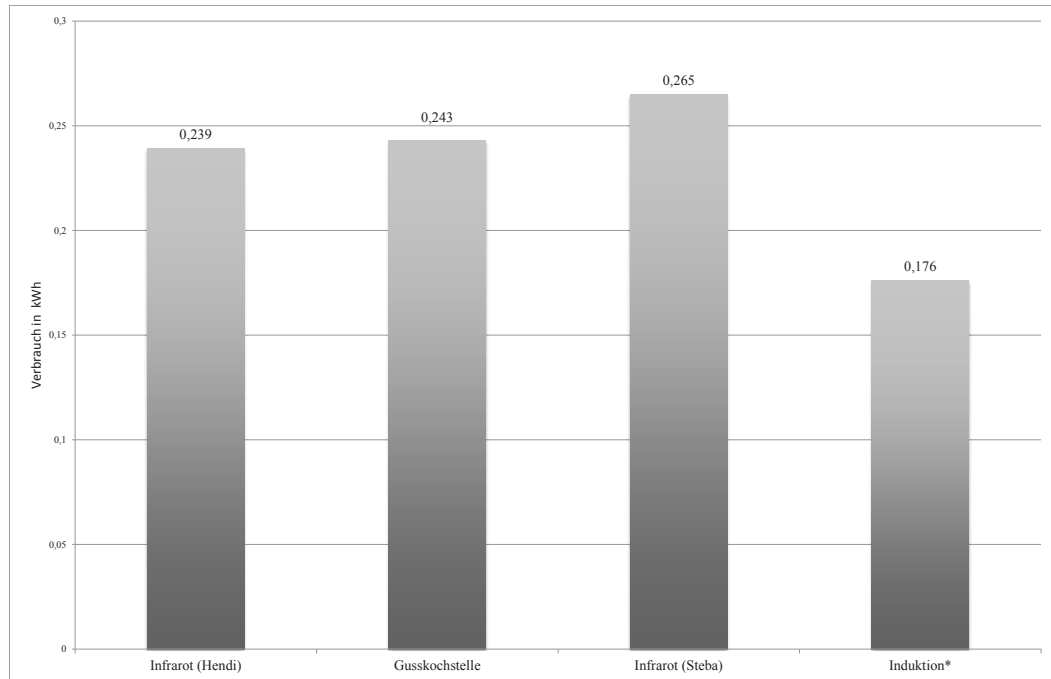


Abb. 10: Aufheiz- und Abkühlcharakteristika der Gusseisenpfanne bei 10 Minuten maximaler Leistung*
 *Der Überhitzungsschutz der Induktionskochstelle schaltete die Kochstelle nach 5:40 ab

In der Praxis zeigt die Gusskochstelle nahezu gleiche Ergebnisse, wie die beiden Glaskeramikkochstellen. Die Infrarotkochstelle von Steba verbrauchte im Zeitraum am meisten. Zieht man die Fortkochzeit der Gusskochstelle in die Betrachtung, schneidet die klassische Kochstelle verhältnismäßig sehr gut ab. In der Praxis hieße das, die Gusskochstelle bereits abzuschalten, selbst wenn der Koch- bzw. Garvorgang noch nicht beendet wäre. So würde Energie gespart werden, ohne große Leistungseinbußen zu bemerken.

Die Induktionskochstelle ist wie bereits erwähnt hier nicht zu beachten, weil sie keine 10 Minuten Leistung erbrachte. Für 5:30 Minuten Maximalleistung verbrauchte sie 0,176kWh.



*Abb. 11: Energieverbrauch aller Kochstellen bei 10 Minuten maximaler Leistung**
** Der Überhitzungsschutz der Induktionskochstelle schaltete die Kochstelle nach 5:40 ab*

4.4 Wärmeverteilung in der Gusseisenpfanne

Bei den Glaskeramikkochstellen wurden ähnliche Verläufe festgestellt. Die Infrarotkochstelle (Steba) weist einen minimalen Vorsprung beim Aufheizen auf. Jedoch sind die Temperaturunterschiede – speziell im Vergleich mit den Messpunkten im Zentrum und den Außenstellen – groß. Während nach 10 Minuten Aufheizzeit die Temperatur des Pfannenbodens im Zentrum ca. 244°C beträgt, wurden ganz außen nur ca. 210°C gemessen, also ein Temperaturabfall von 34°C (siehe Abb. 12 und Abb. 14). Betrachtet man die Gusskochstelle, wurde mit 223°C nach 12:30 die Maximaltemperatur im Zentrum gemessen. Zu dieser Zeit betrug die Pfannenbodentemperatur im Außenbereich ca. 200°C. Somit herrscht ein Temperaturabfall von 23°C (siehe Abb. 13). Die Induktionskochstelle wies von allen Kochstellen die größten Abweichungen auf. Nach 5:20, als der Überhitzungsschutz einsetzte, erreichte das Zentrum seine maximale Temperatur von 303°C. Zur gleichen Zeit wurden ganz außen lediglich 221°C gemessen. Dies ergibt einen Unterschied von 82°C. Herauszuheben wäre der Temperaturunterschied der beiden sich gegenüberliegenden Außenstellen. Die Temperaturkurve von Zone 7 (also auf Seite des Griffs), wies weitaus niedrigere Temperaturen auf als die gegenüberliegende Seite. Dieses Muster wurde bei allen Kochstellen festgestellt, zeigte sich jedoch bei der Induktionskochstelle am deutlichsten (siehe Abb. 15).

Die Temperaturverläufe vom Zentrum weiter nach außen nahmen bei allen untersuchten Kochstellen abgesehen von wenigen minimalen Unterschieden gleichmäßig ab.

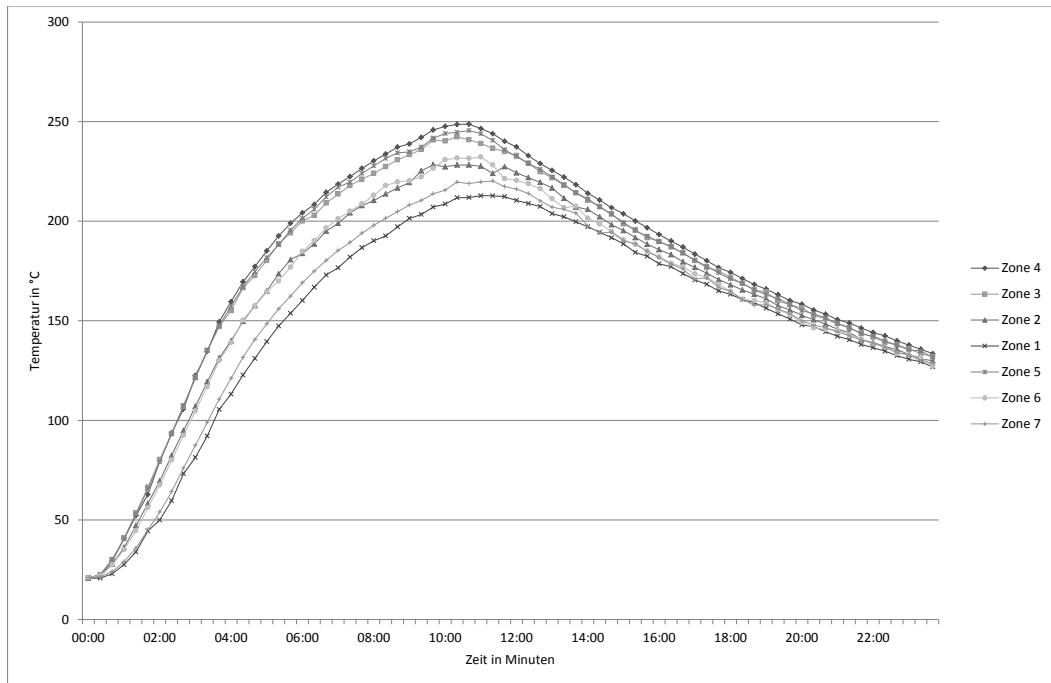


Abb. 12: Aufheiz- und Abkühlcharakteristika gemessen auf verschiedenen Zonen der Pfannenoberfläche bei 10 Minuten maximaler Leistung der Infrarotkochstelle (Hendi)

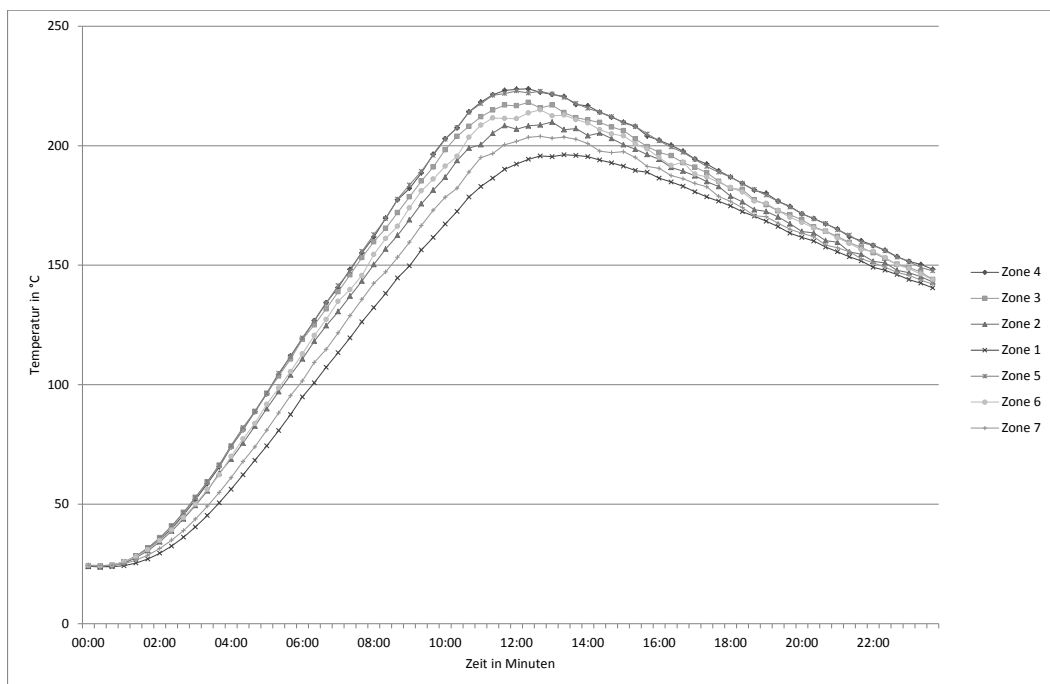


Abb. 13: Aufheiz- und Abkühlcharakteristika gemessen auf verschiedenen Zonen der Pfannenoberfläche bei 10 Minuten maximaler Leistung der Gusskochstelle

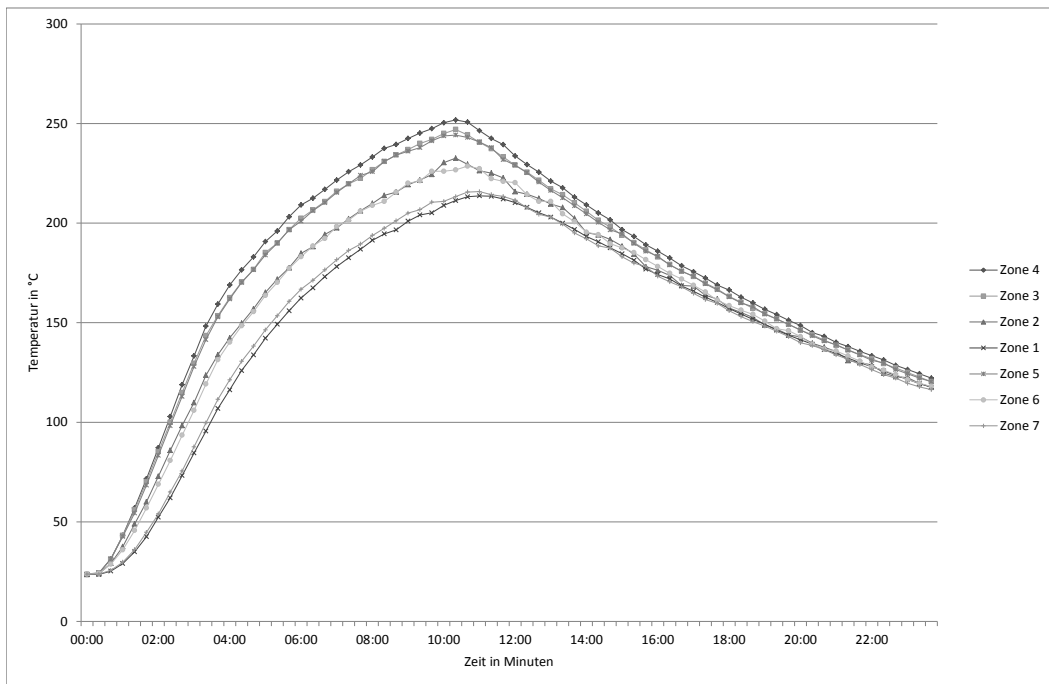


Abb. 14: Aufheiz- und Abkühlcharakteristika gemessen auf verschiedenen Zonen der Pfannenoberfläche bei 10 Minuten maximaler Leistung der Infrarotkochstelle (Steba)

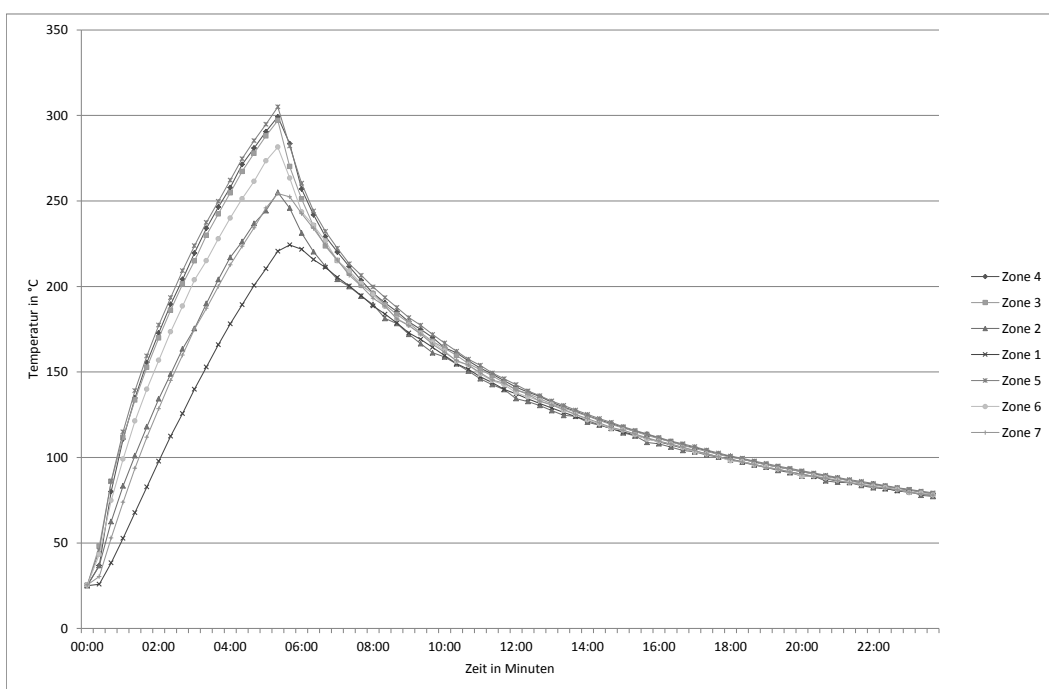


Abb. 15: Aufheiz- und Abkühlcharakteristika gemessen auf verschiedenen Zonen der Pfannenoberfläche bei 10 Minuten maximaler Leistung der Induktionskochstelle

4.5 Wärmeverteilung in der Kippbratpfanne

Messpunkt 1 war das Zentrum, Messpunkt 2 im unteren Drittel, Nummer 3 war am unteren äußeren Ende und Nummer 4 am rechten äußeren Ende (siehe Abb. 3). Die gewünschte Temperatur von 180°C wurde nach ca. 2:10 Minuten erreicht. Klar ersichtlich ist ein Temperaturabfall in Richtung Rand. Bei Erreichen von 180°C bei Zone 1 herrschten am unteren Ende bei der Zone 3 knappe 130°C (siehe Abb. 16).

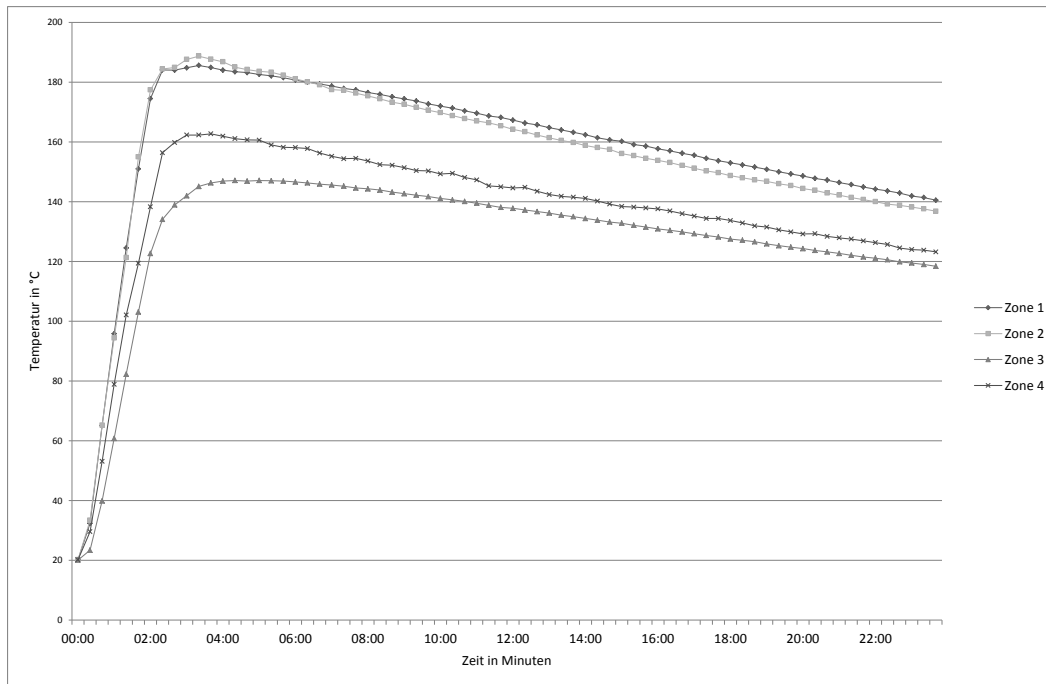


Abb. 16: Aufheiz- und Abkühlcharakteristika gemessen auf verschiedenen Zonen der Bratoberfläche der Kippbratpfanne während dem Programm „Kurzbraten“

4.6 Temperaturverlauf des Pfannenbodens während des Bratens

Im Vergleich der beiden Infrarotkochstellen, bei denen gemäß der Grundlagenversuche ähnliche Ergebnisse zu erwarten waren, zeigte auch die Abkühlung während der Eingabe des Fleisches kaum Unterschiede. Der Pfannenboden im Zentrum bei Zone 4 auf der Infrarotkochstelle (Hendi) kühlte auf 147°C ab wohingegen die Zone 4 auf der Infrarotkochstelle (Steba) einen Abfall auf 130°C aufwies. Beim Bratvorgang stieg die Temperatur gleichmäßig an und erreichte bei der Infrarotkochstelle (Hendi) nach 7:10 Minuten 200°C ehe gewendet wurde. Ohne Fleisch hatte der Pfannenboden zu diesem Zeitpunkt eine Temperatur von 214°C. Bei der Infrarotkochstelle (Steba) erreichte der Pfannenboden nach 7:10 Minuten auf der Zone 4 nur 163°C. Nach dem Wenden, das bei der Abbildung 18 für die Infrarotkochstelle (Hendi) sehr gut ersichtlich ist, zeigten sich ähnliche Eigenschaften, wie nach dem ursprünglichen Einlegen des Fleisches. Der betroffene Messpunkt kühlt auf 143°C ab und erwärmt sich kontinuierlich,

bis bei Herausnahme des Fleisches nach 9:40 Minuten 180°C erreicht sind. Auch die Infrarotkochstelle (Steba) zeigte ähnliche Ergebnisse und wies nach Herausnahme ca. 185°C auf. Die beiden Glaskeramikkochstellen zeigen vergleichbare Eigenschaften, wobei die Infrarotkochstelle (Hendi) etwas besser abschnitt. Der Bratprozess findet maximal 50°C unter dem in den Grundlagenversuchen ermittelten Wert der Oberflächentemperatur der Pfanne statt (siehe Abb. 17 und Abb. 18).

Auf der Gusskochstelle, die in den Grundlagenversuchen die längste Aufheizzeit zeigte, erreichte der Pfannenboden nach 8:50 Minuten 180°C. Bei Einlage des Fleisches fiel die Temperatur auf 145°C. Die Aufheizzeit verlief kontinuierlich ca. 30°C parallel unter der ohne Einlage ermittelten Aufheizzeit bis nach 11:20 Minuten gewendet wurde. Hier wurde der Messpunkt Zone 4 genau abgedeckt, was den Ausschlag auf ca. 135°C erklärt. Beim Herausnehmen herrschten auf der Oberfläche 204°C, was ziemlich nah an die Temperatur der Bratoberfläche ohne Einlage kommt. Hier wurden nach ca. 13:00 Minuten 214°C gemessen. Prinzipiell kann gesagt werden, dass der Temperaturunterschied während des Bratens unter dem Lebensmittel auf der Gusskochstelle maximal 35°C beträgt, sich wieder kontinuierlich an die gewünschte Temperatur von 180°C annähert und diese nach 13:00 nahezu wieder eingeholt hat (siehe Abb. 19).

Der Überhitzungsschutz der Induktionskochstelle schaltete sie bei Erreichen von 300°C ab. Zur Veranschaulichung wurden trotzdem beide Graphen (mit und ohne Fleischeinlage) gegenübergestellt. Nach 2:10 Minuten wurde das Fleisch eingelegt, was einen Temperaturabfall auf 130°C zur Folge hatte. Die Wiederaufheizung verlief kontinuierlich ca. 60°C unter der Pfannenbodentemperatur ohne Einlage. Nach 4:50 Minuten wurde bei einer erreichten Temperatur von 223°C gewendet. Hier wurde ein Temperaturabfall auf 185°C festgestellt, was der kleinste der verglichenen Kochstellen darstellt. Der direkt erwärmte Pfannenboden zeigt auch im Bratprozess seine Fähigkeit, sich schneller aufzuheizen als andere Kochstellen (siehe Abb. 20).

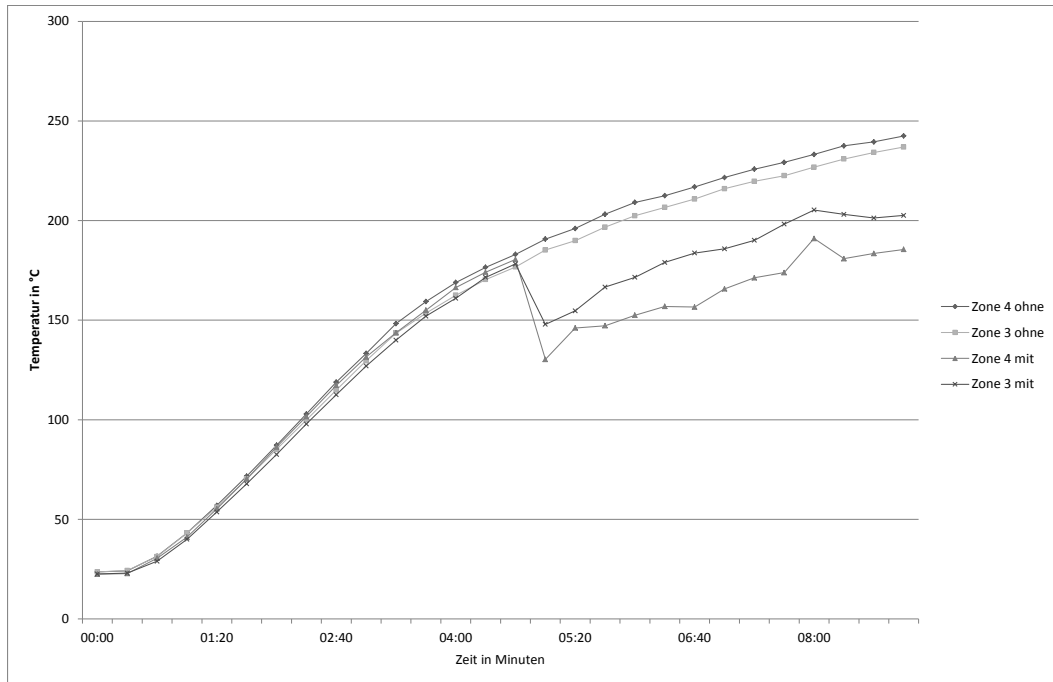


Abb. 17: Aufheiz- und Abkühlcharakteristika gemessen auf verschiedenen Zonen der Pfannenoberfläche der Gusseisenpfanne auf der Infrarotkochstelle (Steba) mit und ohne Bratgut

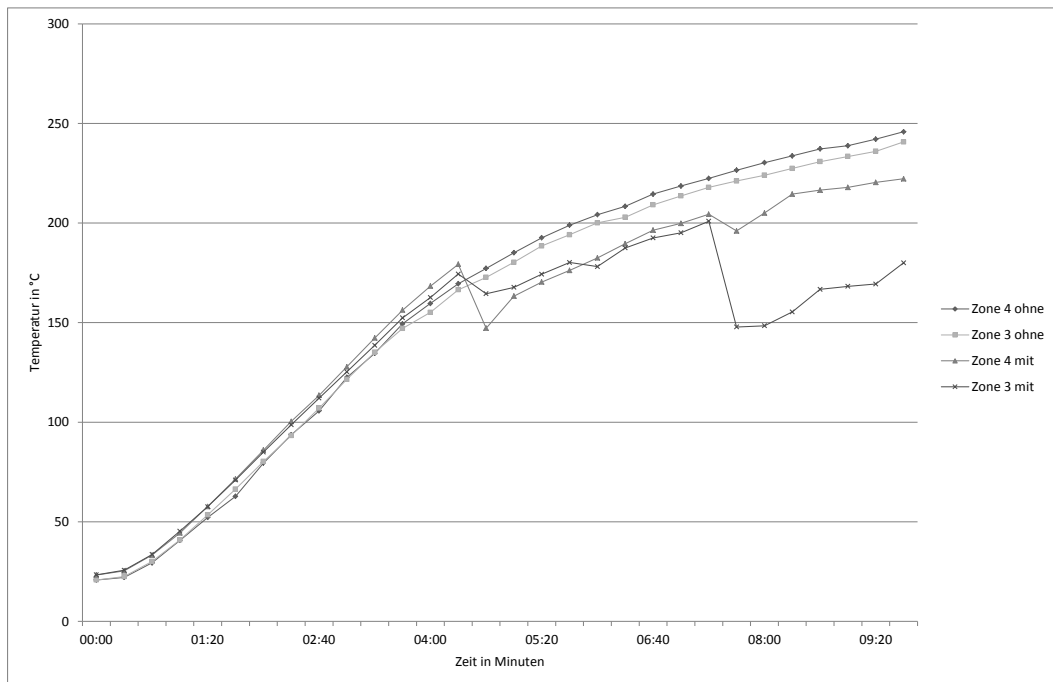


Abb. 18: Aufheiz- und Abkühlcharakteristika gemessen auf verschiedenen Zonen der Pfannenoberfläche der Gusseisenpfanne auf der Infrarotkochstelle (Hendi) mit und ohne Bratgut

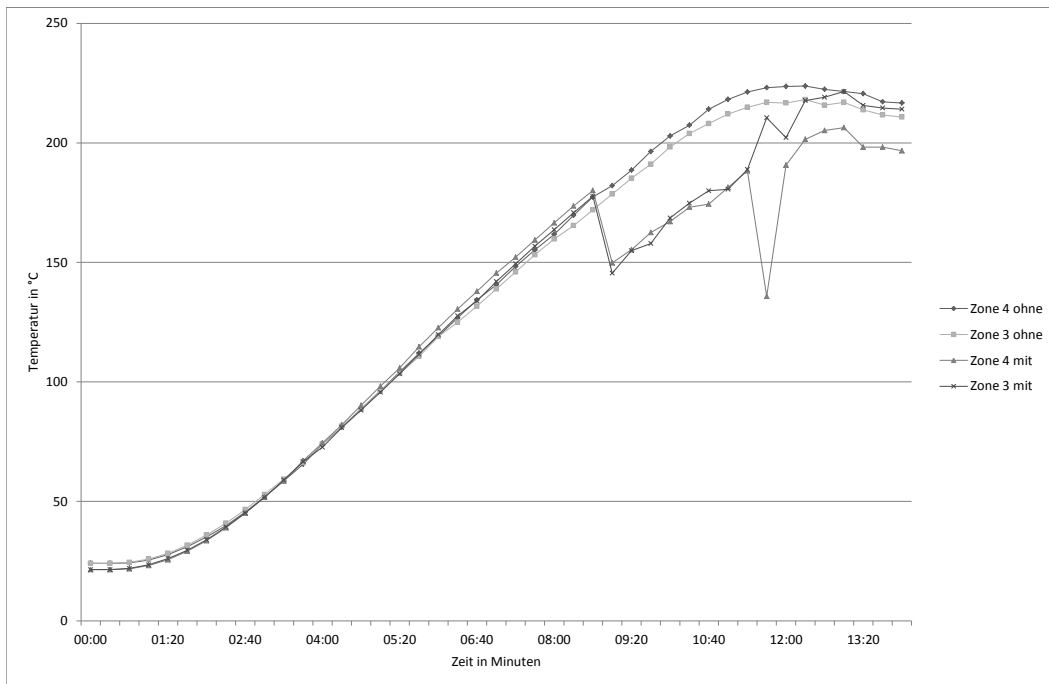


Abb. 19: Aufheiz- und Abkühlcharakteristika gemessen auf verschiedenen Zonen der Pfannenoberfläche der Gusseisenpfanne auf der Gusskochstelle mit und ohne Bratgut

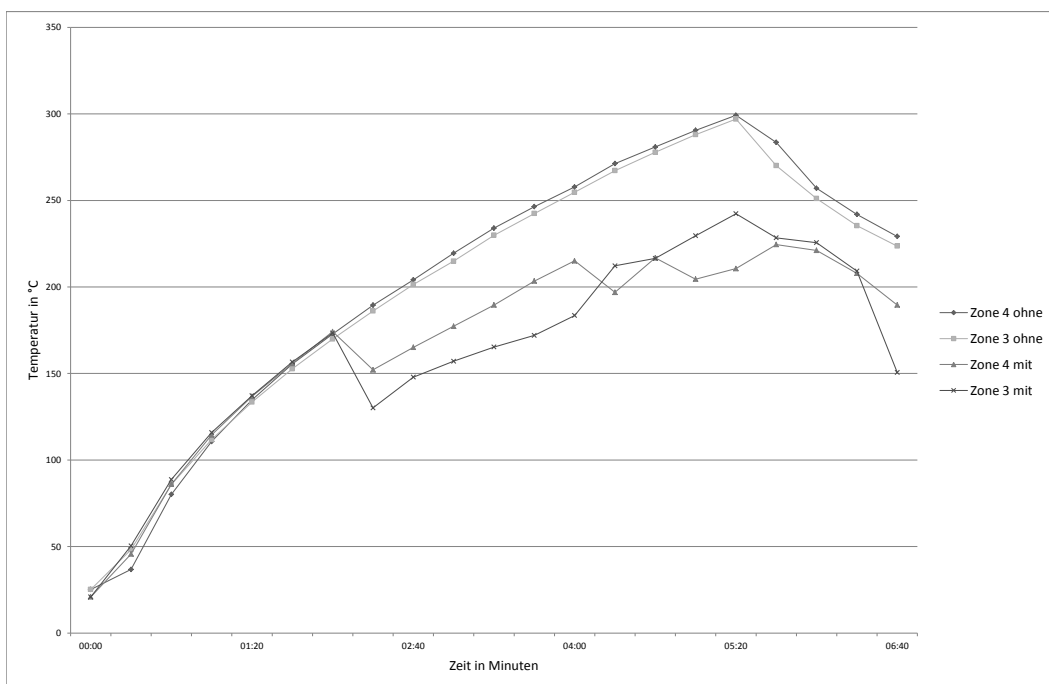


Abb. 20: Aufheiz- und Abkühlcharakteristika gemessen auf verschiedenen Zonen der Pfannenoberfläche der Gusseisenpfanne auf der Induktionskochstelle mit und ohne Bratgut

4.7 Temperatur der Bratoberfläche der Kippbratpfanne während des Bratens

Man kann erkennen, dass bei Eingabe des Steaks bei Minute 2:20 ein klarer Temperaturabfall auf 107°C erfolgt. Im Zeitraum bis zum Wenden bei Minute 5:00 wurde eine Temperatur der Bratoberfläche von 145°C nie überschritten und pendelte sich zwischen 139°C und 143°C ein. Nach dem Wenden fiel die Temperatur auf 104°C ab und stieg konstant auf 120°C, bis das Steak bei Minute 7:50 herausgenommen wurde (siehe Abb. 21)

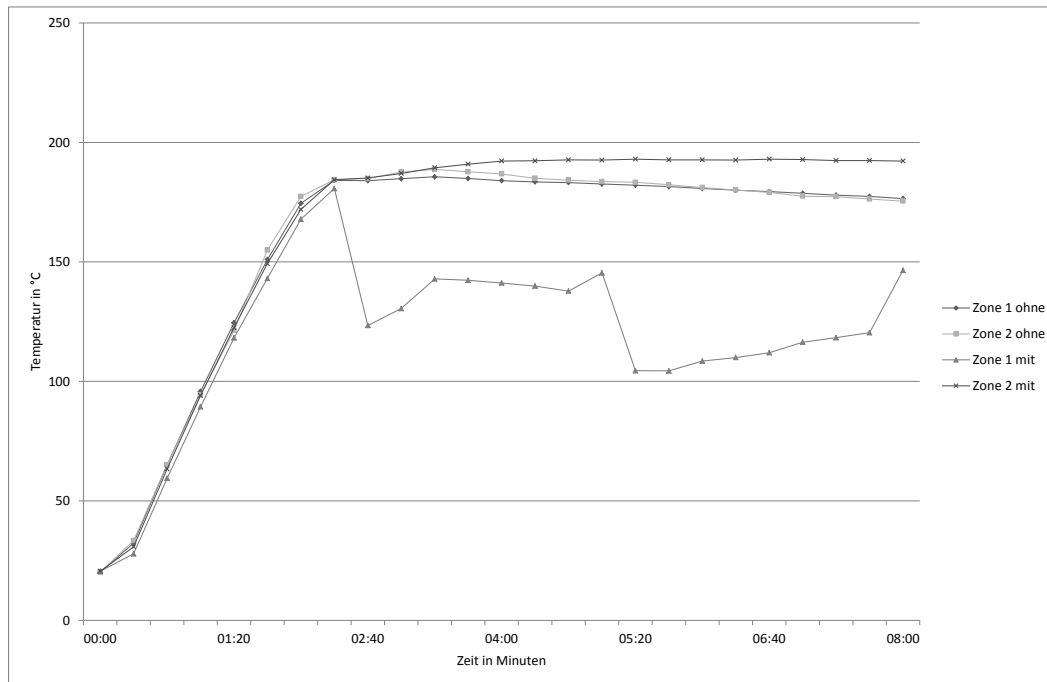


Abb. 21: Aufheiz- und Abkühlcharakteristika gemessen auf verschiedenen Zonen der Pfannenoberfläche der Kippbratpfanne mit und ohne Bratgut

4.8 Sensoriktest 1

Eine besonders hohe Wertung wurde in Bezug auf die Zartheit des Fleisches der Induktionskochstelle zugewiesen. Die Induktionskochstelle wies im Versuch (siehe Tab. 3) in Kombination mit einer Gusseisenpfanne den besten Wiederaufheizwert auf. Das bedeutet, dass nach Einlage des Fleisches die Temperatur der Pfannenoberfläche am schnellsten wieder anstieg. Dies lässt darauf schließen, dass sich die schnelle Wiederaufheizzeit positiv auf die Zartheit des Fleisches auswirkte. Im Vergleich zur Infrarotkochstelle (Steba), die im Versuch die langsamste Wiederaufheizzeit aufzeigte, wurde das Attribut Zartheit am schlechtesten bewertet. Der Durchschnittswert der Zartheit der Kippbratpfanne war ebenfalls eher schlecht bewertet. Auch die Kippbratpfanne zeigte in ihrem Programm „Kurzbraten“ eine niedrige Oberflächentemperatur, was sich anscheinend auch auf die Zartheit des Fleisches auswirkte. Somit kann der

Schluss gezogen werden, eine schnellere Wiederaufheizzeit resp. höhere Pfannenoberflächen-temperatur wirkt sich positiv auf die Zartheit eines Fleischstückes aus. Somit ist die Induktionskochstelle mit ihrer kurzen Wiederaufheizzeit unter den untersuchten Kochstellen die idealste Grundlage für ein zartes Stück Fleisch (siehe Abb. 22).

Tab. 3: Gegenüberstellung der Wiederaufheizleistung der Kochstellen im Vergleich mit Leistung und Verbrauch

Kochstelle	Leistung W/cm ²	Temp nach Einle- gen °C	Temp vor Wen- den °C	Verbrauch kWh*
Infrarot (Steba)	7,86	130	171	0,265
Infrarot (Hendi)	7,07	147	200	0,239
Gussplatte	5,59	145	189	0,243
Induktion	6,70	130	223	0,176**
Kippbratpfanne	5,71	107	148	-

* Energieverbrauch nach 10 Minuten maximaler Leistung ohne Einlage

** Induktionskochstelle nach 5 Minuten Leistung durch Überhitzungsschutz ausgeschaltet

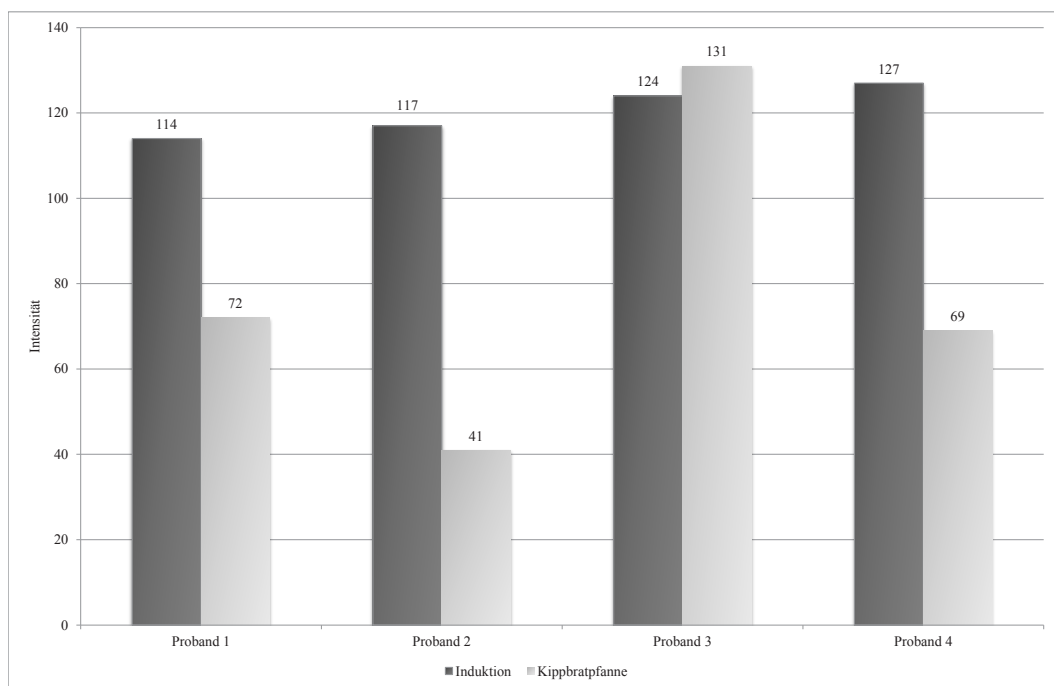


Abb. 22: Bewertung der Zartheit von gebratenem Fleisch auf der Induktionskochstelle und der Kippbratpfanne

Vergleicht man die Ergebnisse der Sensorikprüfung des Attributs Farbe der Kruste, ist ebenfalls ein Trend zu erkennen. Die Induktionskochstelle zeigt ebenfalls sehr gute Ergebnisse in Bezug auf die Krustenfarbe. Auch hier gibt es Hinweise auf positive Auswirkungen der raschen Wie-

deraufheizzeit. So verlief die Maillard-Reaktion an der Fleischoberfläche im Vergleich zu den anderen Kochstellen am intensivsten. Das könnte die sensorisch am dunkelsten wahrgenommene Oberflächenfarbe erklären. Im Vergleich dazu brät die bereits erwähnte Kippbratpfanne bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen, was sich auch in der sensorischen Prüfung auswirkt. Die Bewertung der Krustenfarbe ist eher schlecht (siehe Abb. 23).

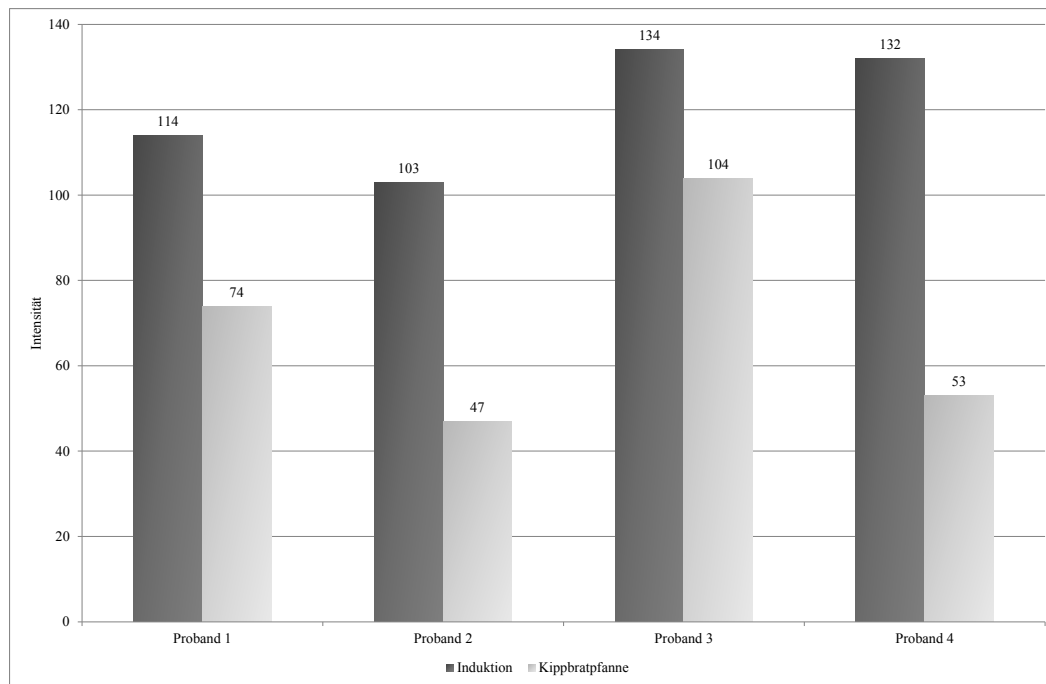


Abb. 23: Bewertung der Farbe der Kruste von gebratenem Fleisch auf der Induktionskochstelle und der Kippbratpfanne

4.9 Sensoriktest 2

Absolut schnitt jenes Fleisch in Bezug auf Zartheit am besten ab, das im Vorhinein 15 Minuten in Ananaspüree eingelegt war. Die Methode mit der Ananas belegte drei Mal den 1. Platz und jeweils zwei Mal Platz 2 und 3.

Auf dem zweiten Rang findet sich das mit Salz behandelte Fleisch. Zwei Probanden gaben diesem den 1. Platz, drei Mal landete es auf dem 2. und je einmal auf dem 3. und 4. Platz.

Die mit Kiwi behandelten Steaks wurden am drittbesten bewertet. Zwei Mal wurde es auf den 1. Platz gesetzt und je einmal auf den 2. und 3. Platz. Jedoch wurde es auch auf den 4. und 5. Platz gesetzt.

Das mechanisch behandelte Steak wurde schlechter bewertet als jenes ohne irgendwelche Behandlung. Das perforierte Fleisch wurde einmal auf den 3., vier Mal auf den 4. und einmal auf

den 5. Platz gesetzt. Das Fleisch ohne Behandlung erreichte einmal gar den 2. Platz, 2 Mal den 3., einmal den 4. und drei Mal den 5. Platz.

Um der Frage nachzugehen, ob bestimmte Methoden dem Fleisch einen unerwünschten Fehlgeschmack geben, wurde parallel nach eben diesem Attribut gefragt. Die Formulierung des Fehlgeschmacks war offen und jedem Proband und jeder Probandin selbst überlassen. Als übereinstimmendes Ergebnis teilten sechs von sieben Probanden und Probandinnen dem Steak, das mit Salz behandelt wurde, einen klar salzigen bzw. würzigen Geschmack zu. Einige der Probanden und Probandinnen gaben im Nachgespräch an, dass es für sie sogar ungenießbar salzig gewesen sei, währenddessen ein anderer Proband berichtete, dass es für ihn genau richtig gewürzt gewesen sei.

Zwei von sieben Probanden und Probandinnen gaben an, beim Steak, das mit Ananas behandelt wurde, einen säuerlichen und bitteren Geschmack festgestellt zu haben.

Bei dem mit Kiwi behandelten Steak gab ein Proband an, es hätte einen essig-sauren Geschmack gehabt und fügte hinzu, dass es „nicht gut“ gewesen sei.

Tab. 4: Auswertung der Zartmacher und ihr Einfluss auf die Zartheit des Fleisches

		Platz 1	Platz 2	Platz 3	Platz 4	Platz 5
Proband 1	m, 51-60 J	Ananas	ohne	Salz	mechan.	Kiwi
Proband 2	w, 20-30 J	Salz	Kiwi	Ananas	mechan.	ohne
Proband 3	w, 51-60 J	Salz	Ananas	Kiwi	ohne	mechan.
Proband 4	w, 41-50 J	Kiwi	Ananas	ohne	Salz	mechan.
Proband 5	m, 31-40 J	Kiwi	Salz	Ananas	mechan.	ohne
Proband 6	m, 31-40 J	Ananas	Salz	mechan.	Kiwi	ohne
Proband 7	w, 31-40 J	Ananas	Salz	ohne	mechan.	Kiwi

Zusammenfassend kann man sagen, dass natürliche Methoden um ein Steak zarter zu machen, die man zu Hause in der eigenen Küche durchaus unkompliziert durchführen kann, positive Wirkungen auf ein Steak bzw. ein Stück Fleisch haben können. Alle angewandten Methoden – außer die mechanische – wurden durchgehend besser eingeschätzt als ein unbehandeltes. Das Salzen des Steaks sollte in der Praxis jedoch mit grobem Salz durchgeführt werden, um einen zu salzigen Geschmack im Endprodukt zu vermeiden. Wendet man eine enzymatische Methode an, das heißt das Einlegen in Früchten mit proteolytischen Enzymen, wie zum Beispiel Ananas, Kiwi oder Papaya, muss darauf geachtet werden, dass die Einlegezeit von 15-20 Minuten je nach Dicke des Steaks nicht überschritten wird, da sonst eine Mus-artige Konsistenz erhalten wird, weil die Proteine im Fleisch immer weiter abgebaut werden würden (vgl. Marques, Ma-

róstica, Pastore 2010, 2). Der Fehlgeschmack kann, muss aber keine Rolle spielen. Wenn die Einlegezeit beachtet wird und anschließend gründlich mit kaltem Wasser abgespült wird, kann auch dieser minimiert werden.

5. Diskussion

Alle untersuchten Kochstellen zeigten in den Grundlagenversuchen recht unterschiedliche Ergebnisse. In Bezug auf Aufheizdauer, Abkühlzeit aber auch Energieverbrauch wurden verschiedene Eigenschaften beobachtet. Die beiden Glaskeramikkochstellen unterschieden sich hingegen kaum, obwohl die Infrarotkochstelle von Steba laut Betriebsanleitung weniger Ankochzeit und Energieverbrauch aufweisen sollte.

Grundlage für die Fragestellung nach der Farbe der Kruste war u.a. die Maillard-Reaktion, die bei höheren Temperaturen ausgeprägter abläuft als bei niedrigeren. Das heißt, je heißer die Bratoberfläche desto mehr Röst- und Brataromen entstehen. Um der Frage nachzugehen, ob die unterschiedlichen Ankoch- bzw. Aufheizzeiten während des Bratens und die daraus folgende Abkühlung des Pfannenbodens Auswirkungen in Bezug auf sensorische Merkmale auf das Endprodukt haben, wurde versucht, möglichst gleichmäßige und vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. Es wurden einige verschiedene Methoden erprobt, um die tatsächliche Temperatur des Pfannenbodens messen zu können, von der Ermittlung der Aufheizzeit mittels Infrarotthermometer über Messungen des Temperaturverlaufs mittels sieben aufgeklebten Messelemente auf sieben Zonen bis hin zu den finalen Versuchen mit dem Gargut. Als am fehlerfreisten erwiesen sich die Messfühler, die mit einem hitzebeständigen Klebeband auf den Boden aufgeklebt wurden. Auch hier traten kleine Probleme auf. Das hitzebeständige Klebeband verlor ab einer bestimmten Temperatur seine Eigenschaften und löste sich. Am verlässlichsten klebte das Klebeband, wenn großflächig aufgeklebt wurde. Wie auf Abb. 2 zu erkennen ist, wurden die Sensoren mit einem relativ großen Stück Klebeband aufgeklebt. Bei den Versuchen, bei denen auf den Sensoren gebraten wurde, musste noch großflächiger auf eine komplette Pfannenhälfte aufgeklebt werden (siehe Abb. 4). So konnte auch das Öl bzw. das austretende Wasser, das teilweise unter das Klebeband gelang, im Zeitraum der Messung den Kleber nicht lösen.

Es wurde durchgehend beobachtet, dass während der Untersuchungen mit den sieben Zonen (siehe Kapitel 4.4) auf der Seite des Griffs eine niedrigere Temperatur herrschte als auf der gegenüberliegenden ebenfalls ganz äußeren Zone. Es wird vermutet, dass die Eigenschaften des Griffs soweit auf die Pfannenoberfläche wirken, dass dort eine längere Zeit benötigt wird, um

die gewünschte Temperatur zu erreichen. Die Induktionskochstelle zeigte diesen Temperaturunterschied am deutlichsten. Dies kann so erklärt werden, dass die Aufheizzeit am geringsten ist, was dazu führt, dass die äußere Zone am Griff ebenfalls am wenigsten Zeit hatte, sich zu erwärmen und somit ein großer Unterschied zur Pfannenmitte herrscht.

Die schon erwähnten nicht gleich großen Fleischstücke stellten einen weiteren Faktor dar, der sich als nicht ganz unproblematisch zeigte. Wie in den Abbildungen 17 bis 21 ersichtlich ist, verlaufen die Graphen teilweise etwas ungleichmäßig. Zu erklären wären diese Ausschläge damit, dass das Fleisch nach dem Wenden nicht wieder genau auf den Messpunkt gelegt wurde bzw. erst dann direkten Kontakt mit dem Messpunkt hatte. Öl oder Wasser, das während des Bratens austritt und auf die Sensoren traf, können die Temperaturveränderungen ebenfalls erklären. Ein wichtiger und aussagkräftiger Temperaturabfall ist bei jedem Versuch der Moment des Einlegens des Fleisches. Es wurde versucht, den zentralen Messpunkt so genau wie möglich zu treffen, um von diesem Punkt die Wiederaufheizzeit zu beobachten.

Dieser Temperaturabfall und die darauffolgende Wiederaufheizzeit sind die Faktoren, auf die am meisten Wert gelegt wurde. Diese Ergebnisse wurden in den folgenden sensorischen Tests zur Analyse herangezogen.

In der Theorie sollte die Infrarotkochstelle (Steba) durch ihre hohe Leistung in der Lage sein, den Pfannenboden am schnellsten wieder aufzuheizen. Auch in ihrer Betriebsanleitung wirbt sie mit 30% kürzerer Ankochzeit im Vergleich zu herkömmlichen Glaskeramikkochstellen. Diese Angabe bestätigte sie im Versuch nicht. Sie kühlte im Vergleich zu den anderen Kochstellen am meisten ab (130°C) und heizte demzufolge auch am langsamsten wieder auf. In Bezug auf ihren Energieverbrauch, der laut Betriebsanleitung auf 20% weniger als herkömmliche Glaskeramikkochstellen angegeben wurde, schnitt die Infrarotkochstelle (Steba) ebenfalls am schlechtesten ab. Nach 10 Minuten maximaler Leistung verbrauchte sie 0,265kWh.

Die zweite Glaskeramikkochstelle (Hendi) zeigte weitaus bessere Ergebnisse. Nach der Steak-eingabe fiel die Temperatur auf 147°C , was den besten Wert der untersuchten Kochstellen darstellt. Auch in Punkto Temperatur beim Wenden schnitt sie sehr gut ab. Wie in Tabelle 2 zu sehen ist, weist nur die Induktionskochstelle einen höheren Wert auf (223°C). Ihr Energieverbrauch ist mit 0,239kWh verhältnismäßig gering.

Die klassische Gusskochstelle zeigte in Anbetracht ihrer niedrigen Leistung ($5,59\text{W}/\text{cm}^2$) ansprechende Ergebnisse. Die Wärmespeicherkapazität der Gussplatten und Gusseisenpfanne sorgte u.a. dafür, dass die Temperatur lediglich auf 145°C abfiel. Somit kühlte sie weitaus we-

niger ab als die Infrarotkochstelle (Steba). Nach 2:30 Minuten Bratzeit wies die Oberfläche eine Temperatur von 189°C auf. Der Energieverbrauch war nach 10 Minuten maximaler Leistung bei 0,243kWh, was nur minimal höher ist als bei der Infrarotkochstelle (Hendi).

Die mit Abstand schnellste Aufheizzeit wurde bei der Induktionskochstelle beobachtet. Bereits nach 2:10 Minuten wurden 180°C erreicht und das Steak wurde eingelegt. Die Temperatur fiel auf 130°C. Die Bratoberfläche heizte nach den 2:30 Minuten auf 223°C auf, was den Spitzenwert unter den untersuchten Kochstellen darstellt. Trotz der eher geringen Leistung schafft sie es, die Oberfläche am schnellsten wieder aufzuheizen und der Bratprozess verläuft so unter idealen Verhältnissen ab.

Die Kippbratpfanne wurde im Programm „Kurzbraten“ verwendet. Während dieses Programmes wurde die Bratoberfläche auf 180°C – 190°C aufgeheizt und dann die Temperatur konstant gehalten. Das heißt, im Gegensatz zu den Kochstellen, die mit maximaler Leistung eingesetzt wurden, heizte die Kippbratpfanne nicht weiter auf, sondern fand ihr Maximum bei 192°C und hielt diese konstant. Bei Ertönen des Signals wurde das Steak direkt auf den Messpunkt eingelegt. Die Temperatur fiel auf 107°C. Dieser Wert ist mit Abstand der niedrigste im Vergleich zu den Haushaltskochstellen. Während des Bratprozesses von 2:30 Minuten pro Seite heizte die Oberfläche maximal auf 147°C auf und überschritt diese zu keinem Zeitpunkt. Im Gegensatz zu den anderen Versuchen zeigt der Graph der Kippbratpfanne auch nach dem Wenden eine gleichmäßige Kurve. Auch nach dem Wenden fiel die Temperatur stark auf 104°C ab und überschritt im Laufe des restlichen Bratprozesses nie 123°C.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Infrarotkochstelle (Steba), die in der Betriebsanleitung mit besseren Ankochzeiten und weniger Energieverbrauch wirbt, konnte dies in der Praxis nicht bestätigen und schnitt unter den Haushaltskochstellen am schlechtesten ab. Trotz der hohen Leistung wurde die Bratoberfläche am wenigsten schnell wieder aufgeheizt und wies in der Folge nach 10 Minuten maximaler Leistung auch den größten Energieverbrauch vor. Im Gegensatz dazu zeigte die Infrarotkochstelle (Hendi), als zweiter Vertreter der Glaskeramikkochstellen, durchaus respektable Ergebnisse und hielt die Temperatur der Bratoberfläche verhältnismäßig hoch und heizte hinter der Induktionskochstelle am zweitschnellsten wieder auf. Auch in Punkto Energieverbrauch zeigte sie positive Ergebnisse und verbrauchte im gleichen Zeitraum bei maximaler Leistung am wenigsten. Die Gusskochstelle überraschte und hielt durchaus mit den moderneren Systemen mit. Auch der Energieverbrauch hielt sich in Grenzen und überschritt jener der Infrarotkochstelle (Hendi) nur minimal. Natürlich ist das relativ zu

sehen, denn die Gusskochstelle benötigte für das Braten des Steaks vom Einschalten bis zur Herausnahme 14:00 Minuten und die Infrarotkochstelle (Hendi) 9:40 Minuten. Die Induktionskochstelle zeigte wie erwähnt die besten Wiederaufheizeigenschaften und benötigte darum auch die kürzeste Zeit. Obwohl die Induktionskochstelle nach 5 Minuten mit 0,176kWh einen verhältnismäßig hohen Verbrauch hat, ist sie in der Regel kürzer im Einsatz wie beispielsweise die Gusskochstelle. Sie brauchte für das Braten des Steaks lediglich 7:20 Minuten.

Die Kippbratpfanne heizte die Bratoberfläche am wenigsten auf und kühlte bei Eingabe des Garguts auch am meisten ab. Eine Faktor, der diese Eigenschaften erklärt, ist das Programm „Kurzbraten“. Wie in Abbildung 21 zu sehen ist, erhöhte sich die Temperatur der Oberfläche nie auf über 192°C. Auch nicht, wenn das Fleisch eingelegt wurde. Das führt dazu, dass auch nicht zusätzliche Energie zugeführt wird, um das kalte Fleisch an die Oberflächentemperatur der Kippbratpfanne hinzuführen. Das endete schlussendlich darin, dass das Fleisch während des ganzen Prozesses nie mit über 147°C gebraten wurde. Weiterführend stellt sich die Frage, wie sich die Bratoberfläche temperaturtechnisch verhält, wenn mehrere Stücke Fleisch bzw. mehrere Steaks zur gleichen Zeit gebraten würden, für was die Kippbratpfanne durchaus vorgesehen wäre. Die voreingestellte und zum Braten vorgesehene Oberflächentemperatur von ca. 190°C würde auch in diesem Szenario nie erreicht werden.

Während der praktischen Untersuchungen sind die einen oder anderen Schwierigkeiten aufgetreten. So war die genaue Messung der Pfannenoberfläche mit einigen Hindernissen verbunden. Das Infrarot-Messgerät war auf längere Sicht nicht das Gerät der Wahl, weil in weiterführenden Experimenten mehr als nur eine Stelle auf dem Pfannenboden gemessen werden sollte. Nach längerem Ausprobieren wurde auf Drahtfühler zurückgegriffen, die kontinuierlich verlässliche Ergebnisse geliefert hatten. Jedoch war die Befestigung der Drahtfühler am Pfannenboden mit einem Thermoklebeband nicht immer mit einem befriedigenden Ergebnis verbunden. Speziell bei den Versuchen mit Fleisch löste sich das Klebeband das ein oder andere Mal – hauptsächlich durch zwischen Klebefläche und Pfannenoberfläche eindringendes Öl oder Wasser. Trotzdem konnten alle gewünschten Experimente mit validen Ergebnissen durchgeführt werden, um am Ende mit den vergleichbaren Werten der Temperaturverläufe arbeiten zu können.

Ein anderer Faktor, der nicht steuerbare Faktoren in die praktischen Untersuchungen brachte, war das Fleisch. Um so genaue Ergebnisse wie möglich zu erhalten wurden für alle in Verbindung stehenden Experimente Stücke von der gleichen Lende hergenommen. So waren also das Alter des Tieres, der Reifegrad und die Beschaffenheit des Fleisches gleich. Obwohl ver-

sucht wurde, immer 2,5cm dicke Stücke von der Lende runter zu schneiden, waren Größe und Gewicht des Stückes nicht immer ident. Das zeigte sich speziell während des Einlegens in die Pfanne. Bei unterschiedlicher Größe wurden in der Folge auch nicht immer alle Messpunkte vom Fleisch bedeckt.

Trotz diesen individuellen Faktoren konnten durch eine genaue und vor allem vergleichbare Durchführung der Experimente valide Ergebnisse erreicht werden, die die Grundlage für die weitere Analyse und sensorischen Überprüfungen bildeten.

6. Schlussfolgerung

In der Einführung wurde u.a. die Frage gestellt, wie groß die Auswirkungen der Wiederaufheizzeit des Pfannenbodens nach Eingabe des Bratguts sind. Abschließend kann diese Frage dahingehend beantwortet werden, dass eine leistungsstarke bzw. sich schnell aufheizende Kochstelle einen merkbaren sensorischen Unterschied im Lebensmittel mit sich bringt. Die Induktionskochstelle, die von allen untersuchten Kochstellen die schnellste Aufheizzeit aufwies, schnitt auch bei der Sensorikprüfung am besten ab. Sowohl bei der Kategorie Zartheit als auch bei der Kategorie Farbe der Kruste wurde das Fleisch, das auf der Induktionskochstelle zubereitet wurde, am besten bewertet. Im Gegensatz dazu wurde die Zartheit bei der industriellen Kippbratpfanne als eher schlecht resp. zäh beurteilt. Dies ist dahingehend zu erklären, dass die Temperatur der Bratoberfläche der Kippbratpfanne auch in den praktischen Versuchen mit Abstand am niedrigsten war. Auch in der Kategorie Farbe der Kruste schnitt die Kippbratpfanne am schwächsten ab. Die Bratoberflächentemperatur stieg während des Bratprozesses nie über 148°C. Hier ist das Zusammenspiel von einer eher niedrigen Brattemperatur und somit auch langsam ablaufende Maillard-Reaktionen ein Grund für eine wenig ausgeprägte Farbe der Kruste.

In Bezug auf Zartmacher kann basierend auf den Ergebnissen der sensorischen Prüfung ebenfalls eine klare Aussage gemacht werden. Die proteolytischen Enzyme in der Ananas und in der Kiwi, Bromelain und Actinidain stellen eine ideale Grundlage dar, Fleisch vor dem Zubereitungsprozess in einer Form zu verändern, sodass sie als positive sensorische Veränderung bzw. das Fleisch als zarter angesehen wird. Dies ist insofern interessant, da auch der individuell festzustellende Fehlgeschmack bei beiden Anwendungen nur bei jeweils einer Probandin als störend empfunden wurde. Auch die Anwendung mit Salz erweist sich als positive Beeinflussung der Zartheit. Obwohl die Mehrheit der Probandinnen und Probanden den Geschmack der Probe

als zu salzig bzw. zu würzig beurteilten, wurde die Zartheit des Fleisches an die dritte Stelle gestellt. Der viel zu salzige Geschmack lässt sich mit dem Einsatz von handelsüblichem Tafelsalz erklären. Die feinere Beschaffenheit der Salzkristalle führt dazu, dass nach Abschluss der Einwirkzeit das Salz nicht vollkommen abzuwaschen ist. Diese Methode würde geschmackliche Vorteile mit sich bringen, wenn gröberes Meersalz bzw. Salzflocken verwendet werden würde.

Als weiterführende Untersuchungen bietet sich an, die im Kapitel 4.4 untersuchten Zonen auf der Pfannenoberfläche genauer zu prüfen und ein „Wärmeverteilungsmuster“ anzulegen. Das könnte man zum Beispiel anhand einer Wärmebildkamera bewerkstelligen, um Temperaturunterschiede auf der Bratoberfläche zu visualisieren. Eine andere Möglichkeit wäre ein Pfannkuchen, dessen u.U. unterschiedliche Bräunung erste Anzeichen auf unterschiedliche Temperaturzonen geben kann. Dieser als DIN-Versuch bekannte Test beurteilt die Gebrauchseigenschaften von Herden und anderen Grillgeräten für den Hausgebrauch (vgl. www.din.de).

Zusätzlich würden sich weitere Möglichkeiten zum Garen von Lebensmittel anbieten und anhand deren Aufheizcharakteristika Aussagen auf Wiederaufheiz- und Abkühlzeit zu tätigen. So würden sich Gaskochstellen, Gasgrills oder gar Holzkohlegrills als passende Kochstellen für weiterführende Untersuchungen eignen.

7. Literaturverzeichnis

- Ashie, I. N. A.; Sörensen, T. L.; Nielsen, P. M. (2002): *Effects of Papain and a Microbial Enzyme on Meat Proteins and Beef Tenderness*. IN: Journal of Food Science, Vol. 67, No. 6, 2138-2142
- Blocher, Dieter; Jakob, Hermann; Kramer, Thomas; Schneider, Georg (2007): *Fleisch verarbeiten und verkaufen*. 1. Auflage. Bildungsverlag EINS. Troisdorf.
- Braun, Birgit; Dickau, Torsten; Lichtenberg, Wolfhart; Naumann, Gerd; Schlich, Elmar; Wentzlaff, Günter (2005): *Küche und Technik: Handbuch für gewerbliche Küchen*. IN: aid Infodienst Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft e.V. (Hrsg.), 3825/2005. Lokay e.V. Reinheim. 37-59
- Derndorfer, Eva (2016): *Lebensmittelsensorik*. 5. Auflage. Facultas Universitätsverlag, Facultas Verlags- und Buchhandels AG. Wien
- Elmadfa, Ibrahim (2015): *Ernährungslehre*. 3. Auflage. Eugen Ulmer KG. Stuttgart
- FRIMA Deutschland GmbH: Original-Betriebsanleitung VarioCooking Center Multiefficiency. Frankfurt am Main
- Gruber, Werner (2008): *Kulinarische Physik*. Ecowin Verlag GmbH. Salzburg
- Hendi B.V. (The Netherlands): *Infrared Cooker Gebrauchsanweisung*. Rhenen
- Honikel, Karl-Otto (2003): *Vom Fleisch zum Produkt. Reifen – Erhitzen – Zerkleinern – Salzen*. In: Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach (Hrsg.): *Chemie des Lebensmittels Fleisch*. Kulmbach. 70-94
- HOYER Handel GmbH: *Silvercrest Induktionskochplatte SIKP 2000 B1*. Hamburg
- KOMPERNASS GmbH: *Silvercrest Induktionskochplatte SIKP 2000 B2*. Bochum
- Lichtenberg, Wolfhart (2010): *Kochmulden*. IN: aid Infodienst Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft e.V. (Hrsg.): *Lebensmittelverarbeitung im Haushalt*. Brühlsche Universitätsdruckerei. Gießen. 69-105
- Kuypers, Friedhelm (2012): *Physik für Ingenieure und Naturwissenschaftler. Band 1: Mechanik und Thermodynamik*. 3. Auflage. Wiley-VCH Verlag & Co. KHaA. Weinheim
- Lobitz, Rüdiger; Stiebing, Achim (2015): *Fleischqualität*. IN: aid Infodienst Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz e.V. (Hrsg.): *Fleisch und Fleischerzeugnisse*. MKL Druck GmbH & Co. KG. Ostbevern. 30-33
- Marques, Anne y Castro; Maróstica Jr., Mário Roberto; Pastore, Gláucia Maria (2010): *Some Nutritional, Technological and Environmental Advances in the Use of Enzymes in Meat Products*. IN: *Enzyme Research*, vol. 2010, Article ID 480923.
- Pichert, Horst (2001): *Haushaltstechnik: Verfahren und Geräte*. 2. Auflage. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart

gart.

- Schlich, Michaela (2010): *Lebensmittelveränderungen beim Garen*. IN: aid Infodienst Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft e.V. (Hrsg.): *Lebensmittelverarbeitung im Haushalt*. Brühlsche Universitätsdruckerei. Gießen. 183-241
- SEVERIN Elektrogeräte GmbH: *Gebrauchsanleitung*. Sundern
- STEBA Elektrogeräte GmbH & Co KG: *High-Light Kochfeld HK20 die moderne Art zu kochen*. Strullendorf
- Stone, Herbert; Sidel, Joel L. (2004): *Sensory evaluation practices*. Elsevier Academic Press. 3. Auflage
- This-Benckhard, Herve (1996): *Rätsel der Kochkunst: Naturwissenschaftlich erklärt*. Springer-Verlag. Berlin/Heidelberg
- Wegner, Günter E. (2008): *Elektrische Haushaltsgeräte; Technik und Service*. 3. Auflage. Hüthig & Pflaum Verlag GmbH & Co. Fachliteratur KG. München/Heidelberg
- Weiler, Ulrike (2016): *Fleisch essen? Eine Aufklärung*. Westend Verlag GmbH. Frankfurt/Main
- <https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/dke/normen/wdc-beuth:din21:118814360> (letzter Zugriff: 02.10.19)
- https://www.rational-online.com/de_at/VarioCookingCenter%C2%AE/Modelle/VarioCookingCenter%C2%AE (letzter Zugriff: 15.05.18)

Anhänge

Bitte kreuzen Sie an, wie stark folgende Attribute auf die Probe zutreffen. Treffen Sie pro Attribut eine Entscheidung. Rückkosten ist erlaubt.

Probe 476

Zäh _____ Zart

Trocken _____ Saftig

Helle Kruste _____ Dunkle Kruste

Graue Farbe _____ Rosa Farbe

Probe 922

Zäh _____ Zart

Trocken _____ Saftig

Helle Kruste _____ Dunkle Kruste

Graue Farbe _____ Rosa Farbe

Probe 112

Zäh		Zart
Trocken		Saftig
Helle Kruste		Dunkle Kruste
Graue Farbe		Rosa Farbe

Probe 626

Zäh		Zart
Trocken		Saftig
Helle Kruste		Dunkle Kruste
Graue Farbe		Rosa Farbe

Probe 741

Zäh		Zart
Trocken		Saftig
Helle Kruste		Dunkle Kruste
Graue Farbe		Rosa Farbe

Zartheit

Sie erhalten fünf Proben Steak. Bitte testen Sie die fünf Proben und reihen Sie sie entsprechend ihrer **Zartheit**: Rang 1 erhält die Probe, die Sie als am **Zartesten** und Rang 5 jene, die Sie am **Zähesten** bewerten. Rückkosten ist erlaubt.

Rang 1: _____

Rang 2: _____

Rang 3: _____

Rang 4: _____

Rang 5: _____

Fehlgeschmack

Sie erhalten fünf Proben Steak. Bitte testen Sie die fünf Proben. Markieren Sie die Proben, bei denen Sie einen Fehlgeschmack feststellen. Rückkosten ist erlaubt.

☐ Probe 29. Wenn ja, welchen? _____

☐ Probe 11. Wenn ja, welchen? _____

☐ Probe 74. Wenn ja, welchen? _____

☐ Probe 35. Wenn ja, welchen? _____

☐ Probe 93. Wenn ja, welchen? _____

Geschlecht

☐ w

☐ m

Alter

☐ 20 – 30 Jahre

☐ 31 – 40 Jahre

☐ 41 – 50 Jahre

☐ 51 – 60 Jahre