

**Vorlesungen
ZUR
Lebensmittelkunde**

für veterinärmedizinisch-technische Assistenten/innen

B. Rudelt

1 Lebensmittelrecht

Sinn und Zweck des Lebensmittelrechts (LMR) ist der Schutz des Verbrauchers vor Schäden, die durch Lebensmittel verursacht werden können, sowie vor Täuschung. Auch soll der Verbraucher mittels der Kennzeichnung über die Produkteigenschaften informiert werden. Es gibt auch andere Aspekte, die nicht dem o.g. Schutzgedanken zuzuordnen sind. Dazu gehört das Marktordnungsrecht und das Handelsklassenrecht.

Mit der Schaffung des Binnenmarktes hat das Lebensmittelrecht eine Erweiterung in der Bedeutung erfahren. Die Harmonisierung des nationalen Rechts im Rahmen des EG-Rechts dient vorrangig dem freien Warenverkehr und der Abschaffung der Zölle, sowie der nationalen Ungleichheiten und damit der Schaffung ungehinderter Warenströme.

Damit ist das Lebensmittelrecht eine Säule der EG-Politik.

Das LMR umfasst Gesetze, Verordnungen, Satzungen. Es dient der Regelung des Verhältnisses Staat-Bürger auf einem bestimmten Sachgebiet. Damit ist das Lebensmittelrecht Teil des öffentlichen Rechts. Die Handlungsweise des Staates wird auf das Grundgesetz zurückgeführt. Damit wird abgeleitet, daß der Staat nur kraft Gesetzes tätig werden darf. Damit übernimmt der Staat gegenüber dem Bürger Verantwortung, d. h. der Staat betreibt Daseinsfürsorge. Der Schutz des Bürgers vor gesundheitlichen Schäden, die im Zusammenhang mit Lebensmittelgenuss stehen können, ist ein Teil der Daseinsfürsorge. Die Tätigkeit des Staates ist grundgesetzlich geregelt. Sie ist immanenter Teil der Verwaltung. Da die Verwaltung Dinge regelt (z. B. LMR) wird sie hoheitlich tätig. Eine wesentliche Form der Verwaltungstätigkeit (der Regelungen von Vorgängen) ist der Verwaltungsakt (VA). Dieser Begriff ist im § 35 des Verwaltungsverfahrensgesetzes einschließlich des Kommentars eingehend erklärt.

Unter einem VA fällt jede behördliche Maßnahme, jede Regelung eines Einzelfalles, die eine unmittelbare Rechtswirkung erfährt. Ein VA kann berechtigend, oder verpflichtend, belastend oder begünstigend sein. Darüber hinaus kann er auch eine Doppelwirkung entfalten.

Beispiele:

- Die Beurteilung eines geschlachteten Tieres gem. fleischhygienischen Vorschriften (Einzelfallentscheidung, da jedes Tier für sich untersucht wird). Die Entscheidung kann begünstigend (berechtigend) sein, nämlich wenn das Tier tauglich für den innergemeinschaftlichen Verkehr beurteilt wird. Die Entscheidung ist mit der Verpflichtung verbunden, alle fleischhygienischen Vorschriften eines EG-Betriebes einzuhalten.

- Ein verpflichtender VA stellt die Beurteilung des Schlachttieres als „untauglich“ dar, womit die Verpflichtung verbunden ist, das Tier gem. TKBA-Recht zu beseitigen.
- Die Vergabe einer Veterinärkontroll-Nummer stellt ein begünstigenden VA dar. Der Entzug der Veterinärkontroll-Nummer stellt einen belastenden VA dar.
- Zulassung eines privaten Labors zur Arbeit mit pathogenen Erregern u.v.a.

Der VA nützt nur, wenn er wirksam durchgesetzt werden kann. Daher ist das LMR auch Nebenstrafrecht. Viele Verstöße gegen das LMR sind bußgeld- oder strafbewehrt. Zur Durchsetzung des LMR dient also das Ordnungswidrigkeitenrecht und das Strafrecht.

Einfache Vergehen werden nach dem Ordnungswidrigkeitengesetz geahndet. Zu den Sanktionen gehört die Verwarnung (mit oder ohne Verwarngeld) und das Bußgeld. Andere Vergehen, die erhebliche Schäden verursachen können, werden strafrechtlich geahndet.

LMR stellt auch Gefahrenabwehrrecht dar. Gefahrenabwehr umfasst alle Maßnahmen zur Beseitigung von Gefahren, und zur Wiederherstellung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung (z.B. Inverkehrbringen von kontaminierten Fleisches o.ä.). Eine Gefahr liegt vor, wenn die öffentliche Sicherheit und Ordnung gefährdet ist. Eine Störung liegt vor, wenn die öffentliche Sicherheit und Ordnung bereits beeinträchtigt ist. Dies abzuwenden ist die Aufgabe der Ordnungsbehörden.

LMR stellt auch spezielles Verwaltungsrecht dar. In allen öffentlich-rechtlichen Dingen steht der Verwaltungsrechtsweg offen. D.h. der Betroffene kann gegen eine behördliche Maßnahme Klage einreichen (Anfechtungsklage). Es kann auch eine Verpflichtungsklage eingereicht werden. Damit kann die Behörde zum Tätigwerden gezwungen werden. Bei Streitfragen kann eine Feststellungsklage eingereicht werden.

Die Lebensmittelüberwachung (LMÜ)

Die LMÜ stellt einen umfassenden Begriff der behördlichen Maßnahmen auf dem Gebiet der Lebensmittelhygiene und deren Grenzgebiete dar. Angesiedelt ist die LMÜ in bestimmten Behörden, die einen hierarchischen Aufbau erkennen lassen. Die zuständige Bundesbehörde ist das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft. Dem nachgeordnet sind die zuständigen obersten Landesbehörden (Landesministerien bzw. Senatoren). Die Mittelbehörden werden in vielen Ländern von den Bezirksregierungen (oder Regierungspräsidien o.ä. Einrichtungen) repräsentiert. Die unteren Lebensmittelüberwachungsbehörden stellen die Lebensmittelüberwachungs- und Veterinärämter der kommunalen Körperschaften dar. In den LÜVÄ's sind Tierärzte ggf. Chemiker, Lebensmittel- und Fleischkontrolleure zusammengefasst. Die LMÜ umfasst neben der eigentlichen Kontrolltätigkeit in den

Betrieben und Einrichtungen auch Schulungen, Beratungen der Unternehmen und den Vollzug, d.h. die Ahndung von Vergehen u.v.m. Ein Teil der Kontrolltätigkeit stellt die Probennahme dar. Es werden nach einem Schlüssel Planproben entnommen, andere Proben werden nach Lage des Falles bei einem Verdacht entnommen (Überschreiten der vorgeschriebenen Temperaturen), wieder andere Proben werden beim Auftreten von Unregelmäßigkeiten gezogen (Verfolgsproben). Die Proben werden an staatlichen Landesuntersuchungseinrichtungen mikrobiologisch, sensorisch und ggf. chemisch untersucht. Dabei werden Methoden angewendet die gem. § 35 LMBG für verbindlich erklärt worden sind. Es wird ein Protokoll erstellt, welches die Grundlage für das Handeln der Behörden darstellt. Das Protokoll hat Gutachterqualität und wird auch vor Gericht akzeptiert.

2 Haltbarmachung

2.1 Biologische Grundlagen der Haltbarmachung

Diese umfassen die Kenntnis der Physiologie des Wachstums der Keime und dessen Verhinderung. Wachstum stellt eine irreversible Zunahme der lebenden Masse dar. Dabei erhöht sich die Keimzahl. Das Wachstum verläuft phasenhaft. Am Anfang steht die Latenzphase, in der der Stoffwechsel aktiviert wird. Die Latenzphase kann unterschiedlich lang sein. Sie wird verzögert, wenn die Keime z.B. durch Gefrieren geschädigt sind. Die Akzelerationsphase stellt den Übergang zum exponentiellen Wachstum dar. Nach einer Verzögerung beginnt die stationäre Phase. Hier bleibt die Zellzahl konstant. In der Lebensmittelmikrobiologie ist die Latenz- und exponentielle Phase sehr wichtig. Für sichere Lebensmittel ist es notwendig, den Primärkeimgehalt gering zu halten. Durch Konservierungsverfahren ist die Latenzphase möglichst zu verzögern. Die exponentielle Phase ist bei erwünschten Keimen (Pökel-flora) wichtig.

Wachstum ist abhängig von den Begleitumständen. Dazu gehört die Temperatur. Jede Keimart hat ihre optimale Temperatur. Weiter vom Optimum entfernte Temperaturen werden zum suboptimalen Bereich zusammengefasst.

In dieser Phase verlängert sich die Generationszeit. Dies macht man sich bei der Anwendung von Kälte zunutze.

Minimale Wachstumstemperaturen ausgewählter Keime (°C)

Bac. cereus	12
Staph.aureus	7
Cl. botulinum Typ A	10
Cl. botulinum Typ E	3
Pseudomonaden	- 5
Cl. perfringens	12
Salmonellen	7
Hefen	-12
Schimmelpilze	- 5

Auch die Keimzahl hat einen Einfluss auf die Proliferationsdynamik. Je höher der Keimgehalt ist, desto leichter setzt die Vermehrung der Keime ein. Daher ist ein geringer Primärkeimgehalt bei der Gewinnung von Lebensmitteln so wichtig.

Die Wachstumsphase bestimmt auch die Keimdynamik. So kann die kurzfristige Übertragung von Keimen auf Lebensmittel während der exponentiellen Phase diese ungewollt verlängert werden. Dies spielt bei Produktionsketten mit langsamen Materialfluss eine Rolle, wenn von Lebensmitteln oder Gegenständen Keimketten auf andere Nahrungspartien übertragen werden (Kreuzkontamination).

Der pH-Wert hat auch einen Einfluss auf die Keimdynamik. So wachsen z. B. Bazillen bei einem pH-Wert von 5,5 - 9,0; E.coli bei 3,5 - 9,5; Pseudomonaden bei 5 - 8; Staphylokokken bei 4,5 - 8,5. In der Praxis bedeutet dies, einen Kompromiss zwischen der pH-Wert -Einstellung und der sauren Geschmacksnote zu finden.

Keime benötigen Wasser zu den Lebensvorgängen. Diese sind bei ausreichender Wasserversorgung forciert. Umgekehrt ist der Wassermangel mit der Beeinträchtigung der Lebensvorgänge verbunden. Mit sinkendem A_w -Wert verlängert sich die Generationszeit. Diese Zusammenhänge nutzt man bei der Trocknung und bei der Salzung.

2.2 Übersicht über die Verfahren zur Haltbarmachung

Verderbnisanfälligkeit ist eine unangenehme Eigenschaft der meisten Lebensmittel. Den Verderb zu verhindern oder zumindest zeitlich zu verzögern ist der Zweck des Einsatzes von Methoden zur Haltbarmachung. Die Wachstumshemmung ist der basale Vorgang der Haltbarmachung. Durch die Schaffung ungünstiger Umstände kann die bakterielle Tätigkeit reduziert werden oder es wird die Vermehrung geblockt. Die Zellwandschädigung erfolgt durch Seifen, Alkohole, Phenole oder andere grenzflächenaktive Substanzen (Desinfektionsmittel).

Im folgenden Kapitel wird auf die physikalischen und chemischen Grundlagen der Haltbarmachung eingegangen. Man unterscheidet physikalische und chemische Methoden der Haltbarmachung. Zu den physikalischen Methoden zählt die Anwendung extremer Temperaturen (Hitze, Kälte); zu den chemischen Methoden gehört das Salzen und das Pökeln. Vielfach sind Kombinationen der Methoden üblich.

Physikalische Methoden

Kälte

Die Anwendung von Kälte ist ein weit verbreitetes Mittel zur Haltbarmachung leicht verderblicher Lebensmittel.

Die konservierende Wirkung beruht auf dem Umstand, dass Keime unterschiedlich empfindlich gegenüber tiefen Temperaturen sind. Durch tiefe Temperaturen wird die Reaktionsgeschwindigkeit der Enzyme gesenkt. Die Stoffwechselrate wird reduziert. Jedoch können z.B. Proteasen und Lipasen auch bei tiefen Temperaturen aktiv sein.

Die Generationszeit verlängert sich erheblich. Später wird die Vermehrung ganz eingestellt. Wichtig ist, dass die Keime selbst bei der Anwendung von Gefrieremperaturen nur zu einem geringen Teil absterben.

Die Kälteresistenz der Keime ist unterschiedlich. Recht empfindlich sind gram-negative Keime in der exponentiellen Phase. Bestimmte Hefen und Schimmel sind selbst bei sehr tiefen Temperaturen resistent.

Die Begleitumstände der Kälteanwendung können den Erfolg beeinflussen. So wird schnelles Gefrieren besser überstanden, als langsames Gefrieren. Auch ungünstige pH-Werte oder ein hoher A_w -Wert beeinflussen die Kälteresistenz negativ.

Mit der Kälteanwendung kommt es zu einer Umschichtung der Flora. Es bildet sich eine psychrophile Flora heraus.

Der Kältetod tritt durch die Schädigung des Cytoplasmas ein. Das Stoffgleichgewicht bricht zusammen. Durch die Aufnahme von Wasser erhöht sich in der Zelle der osmotische Druck und der Zell-pH-Wert ändert sich.

Verfahren

Die Kühlung erfolgt in Kühlräumen. Die relative Luftfeuchtigkeit muss so eingestellt werden, dass z. B. die Fleischoberfläche abtrocknen kann. Gängige Kühltemperaturen liegen bei 2 °C.

Beim Gefrieren unterscheidet man das Luftgefrierverfahren (Gefriertunnel für Schweinehälften), das Kontaktgefrierverfahren (Plattenfroster, für knochenloses Fleisch), das Tauchverfahren bei abgepackten Lebensmitteln. Es wird bei -25 °C bis -40 °C gefroren. Die Lagertemperatur beträgt -18 °C.

Hitze

Die Anwendung von Hitze führt zu einer irreversiblen Schädigung von Eiweißen, zur Inaktivierung von Enzymen.

Werden nur subletale Temperaturen gefahren, werden die Keime partiell geschädigt und können unter günstigen Umständen sich wieder vermehren.

Keime sterben zeitabhängig ab, d. h. pro Zeiteinheit gleicher Dauer, stirbt die gleiche Teilmenge der jeweils überlebenden Keime. Man nutzt diese Zusammenhänge zur mathematischen Vorhersage des Konservierungserfolges. Dazu gibt es den D-Wert. Er stellt die Zeitspanne bei einer bestimmten Temperatur dar,

in dem die Keimpopulation auf 10 % reduziert worden ist. So bedeutet z.B. $D_{121} = 4'$ die Reduzierung der Keime in 4' bei 121 °C auf 10 % des Ausgangskeimgehaltes. Die Sicherheit von Konserven ist jedoch mit dem D-Wert nicht hin zu bekommen. Zur Erhöhung der Sicherheit wurde das 12-D-Prinzip geschaffen. Es schreibt die Verwendung der 12fachen Zeit des D-Wertes zur Abtötung noch vorhandener Keime vor. Das 12-D-Konzept dient

der Sicherheit von Konserven hinsichtlich der *Cl. botulinum*-Sporen. (12-D-Wert = 2,4')

Eine Besonderheit stellt die Tyndallisation dar. Darunter versteht man das Auskeimen von Sporen bei subletalen Temperaturen. Die Hitzeresistenz verringert sich, man nutzt diesen Umstand zur fraktionierten Sterilisation oder Tyndallisation. Zunächst wird das Lebensmittel erhitzt, möglicherweise vorhandene Sporen keimen aus, nun geht man mit wesentlich höheren Temperaturen an das Lebensmittel, um die restlichen Keime zu töten.

Die Hitzeresistenz ist abhängig von verschiedenen Einflussfaktoren. So sind junge Kulturen in der exponentiellen Phase besonders empfindlich. Ungünstige pH-Werte etc können die Hitzeresistenz negativ beeinflussen. Daraus folgt, dass neutrale oder schwach saure Lebensmittel am schwersten zu sichern sind. Durch die Zugabe von Säuren lässt sich der Steri-Erfolg steigern.

Verfahren

Bei der Pasteurisierung werden Temperaturen von 65 °C bis 85 °C angewendet. Die vegetativen Keime werden im Gegensatz zu den Sporen abgetötet. Die Sterilisation arbeitet mit höheren Temperaturen. Die Hoherhitzung findet bei 85 °C für 6'' statt. Eine weitere Form stellt die UltraHoherhitzung (max. 150 °C für wenige Sekunden) bei flüssigen Lebensmitteln dar.

Chemische Verfahren (Auswahl)

Räuchern

Unter dem Räuchern versteht man die äußere Einwirkung von frisch entwickeltem Rauch (Gase und Dämpfe) auf das Räuchergut. Es werden vorwiegend Harthölzer (Weißbuche, Erle, Mahagoni, Birke) verwendet. Viele Nadelhölzer sind ungeeignet (aufgrund der Terpentine). Beim Katenrauch wird auch Torf und Heidemoos verglimmt. Die Rauchentstehung erfolgt bei der Pyrolyse (200 °C - 400 °C).

Der Rauch besteht aus einer Vielzahl von Verbindungen : Phenole, Carbonyle, Carbonsäuren, Teer, Harze, Ruß, Asche. Einige dieser Verbindungen haben eine bakterio-statische oder bakteriozide Wirkung wie z.B. die Phenole (Kreosol, Guajakol) die Carbonyle und die Carbonsäuren (Ameisen-, Essig- und Benzoesäure) Phenole und Carbonsäuren sind für das Raucharoma verantwortlich. Die Rauchfarbe wird durch chemische Reaktionen der Carbonyle und der Phenole mit Eiweißen erzeugt.

Eine toxikologisch bemerkenswerte Stoffgruppe stellen die polyzyklischen Aromaten (PAK) dar. Diese besteht aus ca. 40 Verbindungen, die teilweise kanzerogen wirken können. Sie entstehen bei hohen Temperaturen (400 °C - 800 °C), daher soll die Glühmtemperatur so niedrig wie möglich gehalten werden.

Das Räuchern besitzt eine konservierende Wirkung durch die Abtötung von Keimen, die Fettoxidation wird gebremst. Die Wirkung des Räucherns bleibt auf die Oberfläche beschränkt.

Verfahren

Es wird das Kalt- und das Heißräuchern unterschieden. Erstere Variante wird bei Rohwurst angewendet. Die zweite Variante beinhaltet darüber hinaus einen Garprozess. Dabei werden Gartemperaturen von 65 °C bis 85 °C angewendet. Die eigentliche Erhitzung z. B. von Formschinken beträgt 70 °C bis 72 °C.

Salzen und Pökeln

Das Salzen stellt die Behandlung des Lebensmittels mit Speisesalz dar. Die Art und Weise der Salzanwendung kann unterschiedlich sein. Salz kann äußerlich angewendet werden (Einreiben oder im Zusammenhang mit Gewürzmischungen untermischt werden). Lebensmittel können auch in Salzlake eingelegt werden. Salz dient der Geschmacksverbesserung und der Konservierung. Die konservierende Wirkung ist auf die Senkung des A_w -Wertes zurück zu führen. Dadurch werden die Lebensbedingungen der Keime verschlechtert. Die Löslichkeit des Sauerstoffs wird herabgesetzt. Damit wird die Nutzung von O_2 für die Aerobier erschwert.

Viele Keime verringern das Wachstum bei 2 % NaCl. Einige Keime vertragen etwas höhere Salzkonzentrationen (*Cl. botulinum* Typ E 5 % ; *E. coli*, Salmonellen, *Cl. botulinum* Typ A, *Cl. perfringens* 8 %). Andere Keime sind salztolerant (Halophile). Dazu gehören *Halococcus*, *Halomonas*, *Halobacterium salinarium*. Auch verschiedene Pilze können halotolerant sein.

Von den pathogenen Keimen sind Staphylokokken, *Bacillus subtilis*, Mikrokokken halotolerant. Sie können als Verderbniserreger in Erscheinung treten. Bei Fleisch- und Wurstwaren werden 1%- 3 % Salz angewendet. Fisch wird teilweise höher gesalzen.

Unter dem Pökeln wird die Anwendung von Nitritpökelsalz (NPS) verstanden. NPS hat verschiedene Wirkungen im Pökelfut. Zunächst wird der pH-Wert gesenkt, es kommt zur Verringerung des A_w -Wertes. Nitrat wird zu Nitrit reduziert. Dies ist ein pH-Wert-abhängiger Prozess. Dieser läuft um so besser ab je tiefer der pH-Wert ist. Daher werden auch Säurewecker bzw. Pökelfulfstoffe mit beigegeben. Es kommt zur Ausbildung einer Pökelflora (nitratreduzierende Keime), bestehend aus Mikrokokken, *Streptococcus faecium*, anderen Streptokokken der Gruppe D, *Leuconostoc*, *Pediococcus*.

Die keimhemmende Wirkung beruht auf der Wirkung des Nitrits.

Kombiniert wird die Wirkung des Nitrits durch die A_w -Wert-Senkung und dem dadurch entstehenden Anstieg der Salzkonzentration.

Zum Pökeln werden verschiedene Pökelhilfsstoffe eingesetzt. Dazu gehören Starterkulturen, sie reduzieren Nitrat und senken den pH-Wert. Dadurch wird die Pökewirkung stabilisiert. Zu den Starterkulturen zählen Mikrokokken, *Pediococcus*, *Lactobazillen*, *Leuconostoc*.

Ascorbinsäure reduziert Nitrit zu NO. Dadurch wird die Umrötung verbessert. Der Zusatz von Zuckern verbessert die Proliferation der Pökelflora. Zucker werden zu Laktat abgebaut, wodurch der pH-Wert gesenkt wird. Auch Gluconsäure-delta-Lacton (GdL) senkt den pH-Wert.

Das Pökelaroma entsteht durch Reaktionen von Nitrit mit Muskelproteinen. Die Pökelfarbe ist das Ergebnis der Reaktion von NO und Myoglobin.

Verfahren

Beim Trockenpökeln wird das Pökelfleisch mit Pökelsalz allseits eingerieben. Das NPS diffundiert in die Tiefe. Ein Teil des Salzes wird im Fleischsaft gelöst und kann so in die Tiefe eindringen. Das Fleisch kann auch mechanisch bearbeitet werden (Tumbeln). Dadurch wird die Salzaufnahme verstärkt.

Bei der Naßpökung wird das Pökelfleisch in eine Pökellake verbracht. Der Pökelprozess verläuft rascher je größer das Verhältnis Oberfläche zu Masse ist. Auch die Salzkonzentration bestimmt den Pökelerfolg. Eine optimale Pökung erzielt man bei Fleisch mit guter Säuerung (pH-Wert max. 5,8).