



**Gesellschaft für  
Versuchstierkunde**

Society for Laboratory Animal  
Science

**GV SOLAS**

---

**Ausschuss für Ernährung der Versuchstiere**

**Hygienische Behandlungsverfahren für Futtermittel**

**Dampfsterilisation von Futter im Autoklav**

Oktober 1998

# Hygienische Behandlungsverfahren für Futtermittel

## Dampfsterilisation von Futter im Autoklaven

Besondere Bedeutung hat die Dampfsterilisation von Futtermitteln, da die meisten Einrichtungen über Autoklaven verfügen.

### 1. Verfahrensschritte und Einflußfaktoren:

Die in diesem Abschnitt verwendeten Begriffe und ihre Definitionen wurden aus Gründen einer einheitlichen Terminologie im wesentlichen den einschlägigen DIN-Vorschriften für die Dampfsterilisation entnommen (Liste im Anhang).

#### 1.1 Verfahrensschritte:

Der zeitliche Ablauf des Sterilisationsverfahrens im Autoklaven läßt sich in folgende Verfahrensschritte einteilen (siehe auch Abbildung 1).

1. Anheizzeit: Die Zeitspanne, die vom Beginn der Wärmezufuhr bis zum Erreichen der erforderlichen Sterilisiertemperatur (z. B. 121°C) in der Autoklavenkammer benötigt wird. Sie setzt sich zusammen aus der Entlüftungs- und Steigezeit:
  - Entlüftungszeit: Die Zeitspanne, während der die Luft aus der Autoklavenkammer abgesaugt und/oder verdrängt wird. Bei der Futtersterilisation werden mehrere Vorvakua zur Entlüftung der Kammer und des Sterilisiergutes durchgeführt (fraktioniertes Vorvakuumverfahren).
  - Steigezeit: Die Zeitspanne vom Ende der Entlüftungszeit bis zum Erreichen der Sterilisiertemperatur in der Autoklavenkammer.
2. Sterilisierzeit: Die Sterilisierzeit setzt sich zusammen aus der Ausgleichs- und der Einwirkzeit.
  - Ausgleichszeit: Die Zeitspanne, die erforderlich ist, vom Erreichen der Sterilisiertemperatur in der Autoklavenkammer (außerhalb des Sterilisiergutes) bis zum Erreichen der Sterilisiertemperatur an allen Stellen des zu sterilisierenden Gutes.

- **Einwirkzeit:** Dauer des Einwirkens der Sterilisiertemperatur an **allen** Stellen des Gutes (z. B. 121°C, 20 min. oder 134°C, 5 min.). Sie setzt sich wiederum aus der Abtötungszeit und dem Sicherheitszuschlag zusammen.
  - **Abtötungszeit:** Die Zeitspanne, die bei Anliegen der Sterilisiertemperatur zur Abtötung einer Population von Mikroorganismen einer bestimmten Resistenz erforderlich ist.
  - **Sicherheitszuschlag:** Die Zeitspanne, die der unterschiedlichen Kontamination und der unterschiedlichen Ausgleichszeit des Sterilisiergutes Rechnung tragen soll.
3. **Druckentlastungszeit:** Die Zeitspanne, in der die Druckdifferenz zwischen dem Überdruck in der Autoklavenkammer und dem örtlichen Atmosphärendruck nach dem Sterilisieren ausgeglichen wird.
  4. **Trocknungszeit:** Die Zeitspanne, die zur Trocknung des Sterilisiergutes benötigt wird. Zur Entfernung der Feuchtigkeit wird bei der Futtersterilisation in dieser Phase ein Nachvakuum angelegt.
  5. **Belüftungszeit:** Die Zeitspanne, in der die Druckdifferenz zwischen dem Unterdruck in der Autoklavenkammer und dem örtlichen Atmosphärendruck nach dem Trocknen ausgeglichen wird.

### 1.2 Einflußfaktoren:

Dauer und Qualität der einzelnen Schritte sowie ihre optimale Abstimmung auf das spezifische Sterilisiergut sind von Gerät zu Gerät unterschiedlich, entscheiden aber über den Erfolg des Verfahrens, das heißt darüber, ob tatsächlich eine **Sterilisation** (Abtötung aller vorhandenen lebenden und vermehrungsfähigen Mikroorganismen, einschließlich ihrer resistenten Dauerformen) oder nur eine Verminderung der **Ausgangskemzahl** stattfindet. Hierbei nimmt eine Reihe von Faktoren Einfluß, die vom Sterilisiergut, vom Autoklaven und den haustechnischen Anlagen abhängen (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11):

### 1.2.1 Faktoren die vom Sterilisiergut abhängen:

1. Temperaturresistenz der vorhandenen Keime:

Die tatsächlich bei jeder einzelnen Charge vorhandenen Keimarten sind zum Zeitpunkt der erstmaligen Verwendung dem Nutzer meist nicht bekannt. Es muß deshalb vom ungünstigsten Fall ausgegangen werden (Sporenbildner, z.B.: *Clostridium piliforme*).

2. Anzahl vorhandener Keime:

Hier muß von einer aeroben Gesamtkeimzahl von bis zu  $1 \times 10^5$  Keimen pro g Futter ausgegangen werden.

3. Luftgehalt im Sterilisiergut:

Je höher der Luftgehalt und je kleinporiger (poröser) das zu sterilisierende Gut (z. B. Futter) ist, desto aufwendiger und entscheidender ist dessen Entlüftung (siehe weiter unter Punkt 1.2.2) für das Erreichen des Sterilisationsergebnisses. Bei unverändertem Herstellungsverfahren und gleicher Futterrezeptur treten keine Schwankungen zwischen verschiedenen Chargen auf, die einen Einfluß auf das Sterilisationsergebnis haben dürften.

4. PH-Wert des Sterilisiergutes:

Je nach Produkt in einem bestimmten Bereich vorhersagbar. Die Schwankungen im pH-Wert zwischen verschiedenen Chargen des gleichen Futtermittels liegen in einem Bereich, daß, wenn das Verfahren einmal für diese Futterrezeptur standardisiert wurde, nicht mit einem Einfluß auf das Sterilisationsergebnis zu rechnen ist.

5. Durch Pudern des pelletierten Futters mit Silikat kann ein Verklumpen reduziert werden.

6. Wird Futter im Sack autoklaviert, dann ist die Verwendung genadelter, reißfester Papiersäcke erforderlich. Die Papiersäcke sollten aus 2-3 Lagen Papier bestehen. Es sind z.T. auch nicht genadelte, dampfdurchlässige Papiersäcke erhältlich.

7. Locker gefüllte Papiersäcke führen beim Auflegen auf einen Autoklavierwagen zu geringeren Schichtdicken und damit zu einer Reduzierung des Verklebungsgrads zwischen den Pellets, aber auch zu einer besseren Entlüftung und einer Verkürzung der Ausgleichszeit. Dies kann erreicht werden, wenn zum Beispiel in einen herkömmlichen 25 kg Sack nur 15 - 20 kg Futter eingefüllt werden.

8. Dem Futter müssen Vitamine und Aminosäuren in dem Ausmaß zugesezt werden, daß die durch den Autoklavierprozeß hervorgerufenen Verluste ausgeglichen werden („fortified“ Futtermittel) (für konkrete Angaben siehe weiter unten Punkt 2.2).

9. Wird Futter in Säcken autoklaviert, dann müssen diese nach der Entnahme aus dem Autoklaven ein-, zweimal kräftig auf dem Boden aufgestoßen werden, um Verklebungen zwischen den Pellets aufzubrechen.

### 1.2.2 Faktoren, die vom Autoklaven abhängen:

1. Sterilisiertemperatur:

Die Temperatur, die während der Einwirkzeit im Sterilisiergut an allen Stellen gegeben sein muß. (Nähere Angaben über aktuell verwendete Einstellungen in Tabelle 1).

2. Einwirkzeit:

Dauer des Einwirkens der Sterilisiertemperatur an allen Stellen im Sterilisiergut. (Nähere Angaben über aktuell verwendete Einstellungen in Tabelle 1).

3. Entlüftung:

Darunter versteht man die Entfernung der Luft aus der Autoklavenkammer und dem **Sterilisiergut** vor dem eigentlichen Sterilisationsprozeß. Nur wenn die Luft vollständig aus dem Sterilisiergut entfernt wurde, ist eine ausreichende Dampfdurchdringung und damit eine Sterilisation möglich. Da es sich bei Futter um ein (sehr) poröses Sterilisiergut handelt, wird zur Entlüftung ein **fraktioniertes Vorvakuumverfahren (FRVV)** durchgeführt. Hierbei wird mehrfach wiederholt evakuiert und zwar im Wechsel mit Einströmen von Dampf („Durchdämpfen“) auf einen Druck, der bei Futter noch unter Atmosphärendruck liegt. Wichtig ist die Anzahl und Tiefe der Vorvakua. Die Vorvakua sollten zunächst langsam aufgebaut werden, um ein großflächiges „Verbacken“ der Pellets miteinander zu verhindern. Mit zunehmendem Vakuum ist dann eine Steigerung allerdings sinnvoll, um den Autoklaviervorgang zu verkürzen. Wie in Tabelle 1 ersichtlich, variiert die Zahl der Vorvakua je nach Programm und Gerätetyp zwischen 2 und 4. Entscheidend für die Anzahl der Vorvakua ist der Verdünnungsgrad der Restluft, welcher durch das Verfahren (Tiefe der Vakua, Höhe des Drucks bei Dampfeinströmung) und die Technik (z. B. Leistung der Vakuumpumpe) kalkulierbar bestimmt wird. Die Tiefe der Vorvakua sollte mindestens 100 mbar erreichen.

4. Größe der Autoklavenkammer und Sterilisatorbeladung:

Die maximale Sterilisatorbeladung, hängt von der Kammergröße und vor allem von der Leistung des Autoklaven ab. In jedem Fall müssen für jedes Sterilisiergut eine standardisierte Füllmenge und Beladekonfiguration festgelegt werden. Die Futtersäcke nicht direkt übereinander legen, sondern einzeln auf Gitterrosten autoklavieren. Eine zweite Variante ist die offene Behandlung von Futter auf Lochblechen mit geringer Schichtdicke ( $\leq 5$  cm).

5. Steuerung der Sterilisiertemperatur - Referenzmeßstelle:

Die Steuerung der Sterilisiertemperatur ist über Thermofühler im Sterilisiergut selbst vorzunehmen oder an einem anderen Meßpunkt, der der Stelle im Sterilisiergut entspricht, die den niedrigsten Temperaturwert aufweist bzw. eine nachweislich bekannte Beziehung zu diesem Wert hat (Referenzmeßstelle). Diese Stelle ist durch Tests bei der erstmaligen Inbetriebnahme bzw. Validierung des Autoklaven experimentell zu ermitteln.

6. Vakuum mit Trocknung (VMT):

Die Kammer wird unter gleichzeitiger Wärmezuführung evakuiert. Dieser Verfahrensschritt dient der Entfernung (Verdampfung) der beim Sterilisationsvorgang eingebrachten Feuchtigkeit (Kondensat). Der Wassergehalt des Futters soll durch das Autoklavieren nicht verändert werden (gleiches Gewicht der Säcke vor und nach dem Autoklavieren!).

7. Belüftung der Autoklavenkammer:

Der Ausgleich der Druckdifferenz zwischen dem Unterdruck in der Autoklavenkammer und dem örtlichen Atmosphärendruck nach der Trocknung erfolgt mit steriltfiltrierter Luft.

8. Vorwärmen:

Der Autoklavenkammermantel muß vor der Beladung mit Futter auf die erforderliche Betriebstemperatur vorgewärmt werden, um die Dauer bis zum Erreichen der Sterilisiertemperatur und damit die Gesamttemperaturbelastung des Futters nicht unnötig zu verlängern. In einem Einzelfall wird auch darüber berichtet, daß ein Vorwärmen des Futters in der Autoklavenkammer auf bis zu 85°C über mehrere Stunden zu einer weiteren Verkürzung der Gesamtprogrammdauer und einer positiven Beeinflussung der Konsistenz der Pellets führt (11). Hierbei gilt zu berücksichtigen, daß sich unter Umständen eine längere Temperaturbelastung des Futters auch nachteilig auf die Inhaltsstoffe auswirken könnte.

1.2.3 Faktoren, die von den haustechnischen Anlagen abhängen:

1. Dampfmenge:

Die hauseigene Dampfversorgung muß die für einen störungsfreien Ablauf des Sterilisationsprozesses im Autoklaven erforderliche Dampfmenge zur Verfügung stellen können (Herstellerangaben). Dabei sind auch weitere Verbraucher (mehrere Autoklaven, Käfigreinigungsanlagen etc.) mit dem entsprechenden Gleichzeitigkeitsfaktor zu berücksichtigen.

2. Dampfdruck:

Der Dampfdruck muß nicht nur den vom Hersteller geforderten Nenndruck erreichen, sondern auch eventuelle Dampfdruckschwankungen dürfen an der Anschlußstelle des Autoklaven  $\pm 10\%$  des Nenndruckes nicht übersteigen.

3. Dampfqualität (Reinheitsgrad, nichtkondensierbare Gase):

Der eingesetzte Dampf darf **keine Verunreinigungen** (Verdampfungsrückstände, Salze), die den Sterilisationsprozeß beeinträchtigen oder das zu sterilisierende Gut schädigen, enthalten. Der Anteil an nichtkondensierbaren Gasen (Luft, andere Gase) darf 3,5 % (V/V) nicht übersteigen, da diese Gase keinen sterilisierenden Effekt haben. Für die Sterilisation von Futter ist Sterilisierdampf erforderlich. Dieser wird in der Regel aus Heizdampf (zur allgemeinen Wärmeversorgung im Dampferzeuger bereit), der mittels eines Dampffilters (mechanische Filterung  $\leq 10\ \mu\text{m}$ ) unmittelbar vor dem Autoklaven gereinigt wird, erzeugt.

Weiterhin ist zu beachten, daß **kein Zusatz korrosionsverhütender Chemikalien** zum Speisewasser des Kessels erfolgen darf, da Begleitstoffe im Wasserdampf auf das Futter übergehen und zu toxischen Belastungen der Tiere führen können.

#### 4. Feuchtigkeit des Dampfes (Sattdampf, überhitzter Dampf, Naßdampf):

Für die Dampfsterilisation steht im Idealfall Sattdampf (siehe unten) zur Verfügung. In der Praxis können Abweichungen zum überhitzten Dampf (zu „trocken“) oder zum Naßdampf (zu „feucht“) auftreten. Die zulässige Schwankungsbreite für die Feuchtigkeit von Heiz- und Sterilisierdampf ist in den einschlägigen DIN-Vorschriften geregelt. Zu berücksichtigen gilt hier vor allem, daß sich, in Abhängigkeit vom Abstand des Autoklaven zur letzten Reduziereinrichtung sowie zum letzten Kondensatableiter und in Abhängigkeit von der Isolierung, der Länge und der Führung der Dampfleitungen („Wassersack“-Bildung), Kondensat in der Dampfleitung sammeln kann, das mit dem Dampf mitgerissen wird (Gefahr von „Wasserschlägen“) und zu einem zusätzlichen Feuchtigkeitseintrag in die Autoklavenkammer führt. Die Folge ist eine stärkere Verklebung der Pellets. Die größere Wassermenge muß während der Trocknungsphase auch wieder entfernt werden.

Sattdampf: „Trockener“, gesättigter Dampf, dessen Temperatur und Druck der Verdampfungskurve von Wasser entspricht.

Überhitzter Dampf: Dampf, dessen Temperatur bei dem jeweils vorhandenen Druck höher ist, als es der Verdampfungskurve für Wasser entspricht. Überhitzter Dampf ist nicht gesättigt und damit „trockener“ als Sattdampf. Eine Kondensation tritt erst nach Abkühlung oder Feuchtigkeitsaufnahme ein. Da aber die keimabtötende Wirkung von Dampf gerade auf der Eigenschaft zur Kondensation und der dabei abgegebenen Wärmeenergie beruht, ist er für die Sterilisation nicht geeignet.

Naßdampf: Dampf, der gerade seinen Sättigungspunkt unterschritten hat und zu kondensieren beginnt. Das so entstehende Kondensat kann wiederum zu einem Feuchtigkeitseintrag in das zu sterilisierende Gut führen.

## 2. Einfluß der Dampfsterilisation auf die Futterqualität:

### 2.1 Beeinflussung der physikalischen Eigenschaften:

Allgemeingültige quantitative Aussagen über den Grad der Verklebungen oder die Zunahme der Pellethärte sind nur tendenziell möglich, da diese sehr stark von der Futterzusammensetzung (Art

und Anteil der verwendeten Rohstoffkomponenten) und den individuellen technischen Voraussetzungen (Autoklav, haustechnische Anlagen) abhängen.

### 2.1.1 Verklebungsgrad der Pellets:

Durch die Behandlung mit Wasserdampf quellen die Pellets und verkleben zum Teil miteinander. Die Oberfläche wird rau und rissig. Ein großflächiges Verbacken der Pellets miteinander kann durch Bestäuben der Pellets mit einem Silikatpuder beim Absacken weitestgehend vermieden werden. Restverklebungen können durch kräftiges Aufstoßen des Sacks unmittelbar nach dem Autoklavieren soweit aufgebrochen werden, daß bei einer Futterdarreichung über eine Futterraufe, wie bei Mäusen und Ratten häufig durchgeführt, keine Probleme bestehen. Für automatische Fütterungssysteme ist das Futter nicht oder nur bedingt geeignet (2,3,4,5,12).

### 2.1.2 Pellethärte:

Die Pellethärte wird durch die Dampfbehandlung erhöht. Gemessen in  $\text{kp/cm}^3$  nach Kahl beträgt die durchschnittliche Zunahme zwischen 6 und 11  $\text{kp/cm}^3$  (5). Im allgemeinen werden Pellethärten von bis zu ca. 24  $\text{kp/cm}^3$  nach Kahl toleriert. Es gilt aber zu berücksichtigen, daß einzelne Tierstämme oder frisch abgesetzte Tiere bereits mit Pellethärten von 20  $\text{kp/cm}^3$  nach Kahl und mehr Probleme bei der Futteraufnahme haben können. In diesem Fall sollte ein Futter mit einer geringeren Ausgangshärte der Pellets eingesetzt werden. Die Abriebverluste sinken mit zunehmender Pellethärte (2,5,12).

### 2.2 Beeinflussung der Futterinhaltsstoffe:

Futterinhaltsstoffe können durch die Dampfsterilisation nachteilig beeinflusst werden. Von Bedeutung sind hierbei vor allem Vitamine und Aminosäuren (Maillard-Reaktion) (2,3,5,7,13,14,15,16). Besonders empfindlich gegenüber Hitze sind die Vitamine  $B_1$ , A und  $B_6$ . Die Verluste liegen für Vitamin  $B_1$  im Bereich von 60 - 76 %, für Vitamin A bei 23 - 45 % und für Vitamin  $B_6$  bei bis zu 16 % (3,5,15,16). Bei Futtermitteln für Meerschweinchen ist zu berücksichtigen, daß die Verluste für Vitamin C bei über 90 % liegen können (11). Bei den Aminosäuren sind vor allem Lysin, Methionin, Cystin, Arginin und Histidin betroffen. Die Verluste liegen hier für Lysin bei 11 - 20 %, Methionin bei 7 - 23 %, für Cystin bei 1-13 %, für Arginin bei 3 - 17 % und für Histidin bei 3 - 20 % (2,3,5). Die sehr schwankenden Angaben zu den Verlusten an Vitaminen und Aminosäuren zeigen, daß Unterschiede in der Autoklaventechnik, den haustechnischen Anlagen und auch in der Futterzusammensetzung eine wesentliche Rolle spielen. Es wird aber auch deutlich, daß bei einer exakten Abstimmung der Autoklaventechnik an die vorhandenen Rahmenbedingungen (verwendetes Futter, haustechnische Anlagen) gute Ergebnisse (nur geringe Verluste) erreicht werden können. Auftretende Verluste an Nährstoffen

können über eine Auswahl von Rohstoffen mit entsprechend hohen Gehalten an den genannten Vitaminen und Aminosäuren oder durch gezielten Zusatz der Einzelsubstanzen ausgeglichen werden. Bei einem gezielten Zusatz von Einzelsubstanzen ist zu bedenken, daß, wie im Falle von Lysin und Methionin belegt (5), diese empfindlicher auf die Erhitzung reagieren können als die in den Rohstoffen enthaltenen entsprechenden Komponenten. Innerhalb der Gruppe der Kohlenhydrate neigen Saccharose, Glukose, Fruktose und Laktose bei Hitzebehandlung zur Karamelisierung (13). Bei der Rohstoffauswahl sollte deshalb auf einen niedrigen Gehalt dieser Zucker geachtet werden. Bei Fetten ist mit einer Oxidation vor allem mehrfach ungesättigter Fettsäuren zu rechnen (2). Auch dies ist bei der Rohstoffauswahl zu berücksichtigen. Nachteilige Auswirkungen durch veränderte Kohlenhydrate und Fette sind bei einer entsprechenden Rohstoffauswahl und guten Qualität der Rohstoffe nicht zu erwarten.

Fütterungsversuche an Mäusen und Ratten zeigten, daß es bei entsprechender Würdigung der Rahmenbedingungen, einem standardisierten Verfahrensablauf und der Verwendung sogenannter „fortified“ Futtermittel mit Zusatz an Vitaminen und Aminosäuren zu befriedigenden Gewichtszunahmen und einer ungestörten Entwicklung der Tiere kam (2,3,4,12,13). Gestützt werden diese Ergebnisse durch den jahrelangen erfolgreichen Einsatz dieser Methode in verschiedenen Tierhaltungen.

In Tabelle 1 sind einige Beispiele für aktuell in verschiedenen Tierhaltungen erfolgreich eingesetzte Autoklavierprogramme aufgeführt, bei denen laut Aussage der Nutzer eine Sterilität (in Abhängigkeit vom Ausgangskeimgehalt!) des Futters erreicht wird (kein Anspruch auf Vollständigkeit).

### 2.3 Einfluß auf bakterielle Endotoxine:

Die Dampfsterilisation führt, wie auch die Gamma-Bestrahlung, zu einer Abtötung, nicht aber Entfernung der Mikroorganismen. Aktuelle Untersuchungen zeigen, daß bakterielle Endotoxine abgetöteter Gram-negativer Bakterien in sterilisiertem (sowohl autoklaviert als auch  $\gamma$ -bestrahlt) Futter massive immunologische Reaktionen bei keimfrei gehaltenen Ratten und in geringerem Maße bei keimfrei gehaltenen Mäusen auslösen. Daraus folgt, daß bakterielle Endotoxine beim Autoklavieren von pelletiertem Mischfutter nicht zerstört werden, sondern biologisch wirksam bleiben. Der Kontaminationsgrad von Futter bzw. seiner Bestandteile mit Gram-negativen Bakterien vor dem Autoklavieren ist entscheidend für den Gehalt an bakteriellen Endotoxinen nach der Sterilisation. Diese Effekte sind bei spezifischen Fragestellungen zu berücksichtigen (siehe hierzu 17).

### 3. Schlußfolgerung:

Für eine erfolgreiche Dampfsterilisation von Futter ist die genaue Abstimmung des Autoklavierprogramms auf das jeweilige Gerät und die haustechnischen Anlagen entscheidend. Um möglichst kurze Programmzeiten und damit eine möglichst geringe Gesamttemperaturbelastung des Futters zu erzielen, sind die technischen Möglichkeiten des Autoklaven selbst (Anheizzeit, Effizienz der Entlüftung, Ausgleichszeit in Abhängigkeit von der Kammergröße etc.) sowie die Versorgung des Autoklaven mit den erforderlichen Medien durch die Haustechnik von besonderer Bedeutung. Hierbei spielen vor allem die zur Verfügung stehende Dampfmenge, der Dampfdruck, die Dampfqualität und die Feuchtigkeit des Dampfes eine große Rolle. **Generell gilt: Jedes Gerät muß für die konkrete Anwendung individuell eingestellt und dabei der Erfolg der Sterilisation überprüft werden** (2,3,4,5,6,9,18,19). In Abhängigkeit von Autoklaventechnik und Verfügbarkeit entsprechender Dampfmenngen kann das angestrebte Ziel mit verschiedenen Sterilisiertemperaturen und darauf abgestimmten Einwirkzeiten erreicht werden (siehe Tabelle 1). In den unterschiedlichen technischen Gegebenheiten vor Ort dürfte vielfach der Grund liegen, warum das Thema: „Autoklavieren von Futtermitteln“, obwohl ein altes Thema, nach wie vor aktuell ist und es vielleicht immer bleiben wird. Daher ist bei einer angestrebten Umstellung auf autoklaviertes Futter zu empfehlen (2,3,4,5,6):

1. Vorab Prüfung der Leistungsfähigkeit von anzuschaffenden bzw. eventuell vorhandenen Dampfsterilisatoren und haustechnischen Anlagen (Dampferzeugung).
2. Anpassung des Sterilisationsprogramms an die festgelegten bzw. vorgegebenen Rahmenbedingungen (Autoklaventyp, haustechnische Anlagen, eingesetztes Futter).
3. Durchführung von Testläufen mit Beurteilung der physikalischen Eigenschaften des Futters (Verklebungsgrad der Pellets, Pellethärte) und von Sterilitätstests und/oder einer Validierung.
4. Bestimmung einzelner temperaturempfindlicher Vitamine (z. B.: Vitamin B<sub>1</sub>, A und/oder B<sub>6</sub>) und Aminosäuren (z. B.: Lysin, Methionin, Cystin, Arginin und/oder Histidin) vor und nach dem Autoklavieren.
5. Abschließend kann bei Bedarf anhand von Fütterungstests mit jeweils für die Tierhaltung typischen Tierstämmen das komplette, standardisierte Behandlungsverfahren überprüft werden.

Anhang:

Liste einschlägiger DIN-Vorschriften zur Dampfsterilisation

DIN 58 900:	Allgemeine Grundnormen über Sterilisatoren und Desinfektionsapparate
DIN 58 946:	Dampf-Sterilisatoren für medizinische Sterilisiergüter
DIN EN 285:	Dampf-Sterilisatoren (teilweiser Ersatz für DIN 58 946)
DIN 58 950:	Dampf-Sterilisatoren für pharmazeutische Sterilisiergüter
DIN 58 951 (Entwurf):	Dampf-Sterilisatoren für Labor-Sterilisiergüter

Alleinverkauf der Normen durch Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin

## Literaturverzeichnis:

- (1) Gesellschaft für Versuchstierkunde (GV-SOLAS) (1988)  
Hygiene-Empfehlungen für Versuchstierbereiche. Biberach a. d. Riss. S. 77-84.
- (2) Merkschlager, M., Hiller, H.H., Udes, H. (1975)  
Sterilisation von Versuchstierfutter durch Bestrahlung oder Erhitzung. Tierlaboratorium. S. 121-153.
- (3) Brandstetter, H. (1997)  
Erfahrungsbericht über das Autoklavieren von Futter, am Beispiel einer Diät für Mäuse und Ratten. Detmold. S. 48-60.
- (4) Ruprecht, L. (1997)  
Erfahrungen mit dem Autoklavieren von Mäusefutter. Detmold. S. 62-65.
- (5) Klausdeinken, F.-J. (1997)  
Einfluß des Autoklavierens auf Beschaffenheit und ernährungsphysiologische Merkmale von Labortierfutter. Der Tierschutzbeauftragte, 6. Jahrgang, Heft 3, S. 184-187.
- (6) Scheer, M. (1997)  
Sterilisatoren für Versuchstierhaltungen. Der Tierschutzbeauftragte, 6. Jahrgang, Heft 3, S. 188-191.
- (7) Hiller, H.H. (1997)  
Methoden der Futterbehandlung. Detmold. S. 35-41.
- (8) Madry, M. (1997)  
Effekte der Futtermittelherstellung auf den mikrobiologischen Status. Detmold. S. 42-47.
- (9) Mossmann, H. (1998)  
Persönliche Mitteilung. MPI für Immunbiologie, Freiburg.
- (10) Huber, J. (1988)  
Dampf zur Sterilisation und Desinfektion. MMM Schriftenreihe Band 15

- (11) Märki, U., Rossbach, W. und Leuenberger, J. (1989)  
Consistency of laboratory animal food following incubation prior to autoclaving. *Laboratory Animals* **23**. S. 319-323.
- (12) Hiller, H.H. (1974)  
Gebräuchliche Verfahren zur Futtersterilisation, sowie physikalische Veränderungen des Futters durch die Sterilisation. *Tierlaboratorium* 1. 116-126.
- (13) Udes, H. (1974)  
Chemische Veränderungen bei der Futtersterilisation und ihre biologischen Wirkung. *Tierlaboratorium*. S. 127-141.
- (14) Udes, H., Hiller, H.H., und Juhr, C. (1971)  
Veränderung der Rohproteinquantität und –qualität einer Ratten- und Mäusediät durch verschiedene Sterilisationsverfahren. *Z. Versuchstierk.*, Bd. 13. S. 160-166.
- (15) Udes, H. und Hiller, H.H. (1973)  
Einfluß von Temperaturhöhe und Einwirkungszeit auf Nähr- und Wirkstoffgehalte von Versuchstierfutter bei der Dampfsterilisation. *Berliner und Münchner Tierärztliche Wochenschrift*, 86. Jahrgang, Heft 7. S. 130-134.
- (16) Isler, D. (1998)  
Persönliche Mitteilung. Klibamühlen AG, CH-Kaiseraugst.
- (17) Enss, M.-L. und Hedrich, H.J. (1997)  
Immunreaktionen keimfreier Labornager auf diätetische Endotoxine. *Detmold*. S. 22-33.
- (18) Märki, U., Stünkel, S. und Leuenberger, J. (1998)  
Persönliche Mitteilung. BRL Biological Research Laboratories Ltd, CH-Füllinsdorf.
- (19) Hedrich, H.J. (1998)  
Persönliche Mitteilung. Zentrales Tierlaboratorium der Medizinischen Hochschule Hannover.

Tabelle 1: Beispiele für aktuell in verschiedenen Tierhaltungen eingesetzte Programme für die Dampfsterilisation von Futter  
(kein Anspruch auf Vollständigkeit!)

Sterilisier- temp. [°C]	Einwirk- zeit [min.]	Vorwärmen des Futters im Autoklaven	Zahl der Vorvakua	Vakuum mit Trocknung [min.]	Gesamtdauer ohne Vorwärmen [min.]	Verpackungsart für das Autoklavieren	Chargenmenge [kg] Füllmenge pro Sack [kg]	Besondere Maßnahmen nach dem Autoklavieren	Verklebungs- grad	Verwendungs- zweck/ Sterilitätstest	Refe- renz
134	10	nein	4	nur kurzes Nachvakuum	60	genadelter Papiersack in 2 Etagen auf Gitterrosten	120 kg 6 x 20 kg	kräftiges Aufschüt- teln sofort nach der Entnahme aus dem Autoklaven	gering	SPF Bioindikator Bacillus stearothermo- philus	4
121	20	nein	4	5	80	genadelter Papiersack in 2 Etagen auf Gitterrosten	150 kg 6 x 25 kg	kräftiges Aufschüt- teln sofort nach der Entnahme aus dem Autoklaven	gering	SPF Bioindikator Bacillus stearothermo- philus	3
120	10	ca. 30 min.	2	5	50	genadelter Papiersack in 2 Etagen auf Lochblechen bzw. Rundrohrgittern	je nach Autoklaventyp: 225 kg 15 Säcke à 15 kg oder 120 kg 8 Säcke à 15 kg	umschütten in Drahtkörbe	gering	SPF Bioindikator Bacillus stearothermo- philus	9
120	10	nein	3	10	51	im Drahtkorb und Beschickungszy- linder für Isolator	5 kg	keine	gering	Isolator Bioindikator Bacillus stearothermo- philus	9
130	6	ca. 12 Std. bei 85°C	3	10	61	offen in Regalen auf gelochten Edelstahlschalen Schichthöhe ca. 10 cm	750 kg 3 Regale mit je 250 kg	umschütten in Edelstahlbehälter aus Lochblech	keine bis wenige Verklebungen	SPF Bioindikator Bacillus stearothermo- philus	11 18
134	10	nein	3	ja	40-45	offen auf gelochten Edelstahlschalen (30 x 50 cm) Schichthöhe 5 cm ~2-3 kg je Schale	~90 kg im Gestell mit 2 x 18 Schalen zu je 2-3 kg Stapelung der Schalen mit ca. 5 cm Abstand	Die Schalen werden warm entleert; ver- klumpte Pellets werden durch Schlä- gen vereinzelt und luftig gelagert	gering	SPF Bioindikator Bacillus stearothermo- philus	19

Abbildung 1: Schematisch dargestellter Sterilisationszyklus eines Autoklavenprogramms mit fraktioniertem Vorvakuum und Vakuum mit Trocknung

(modifiziert nach DIN EN 285)

