

Haltbarkeitsdatum (sell-by-date), Verbrauchsdatum

Peter Bützer

Inhalt

1	Begriffe.....	2
2	Verderb, Veränderung.....	3
3	Konservierungsarten.....	3
4	Kühlschrank (refrigerator).....	4
5	Gefrierprodukte	5
6	Aufgaben	6
7	Lösung.....	7
7.1	Simulationsdiagramm.....	7
7.2	Dokumentation (Gleichungen, Parameter).....	7
7.3	Zeitdiagramm	8
7.4	Interpretation	8
8	Vergleich mit der Realität	9
8.1	Haltbarkeit von Butter bei verschiedenen Temperaturen.....	9
8.2	Würde die RGT-Regel auch stimmen?	10
8.3	Simulation	10
8.3.1	Simulationsdiagramm.....	10
8.3.2	Dokumentation (Gleichungen, Parameter).....	10
8.3.3	Interpretation	11
8.4	Aktivierungsenergie	12
8.4.1	Interpretation	12
9	Welche Prozesse laufen bei Hackfleisch ab?	13
9.1	Simulation	13
9.1.1	Simulationsdiagramm.....	13
9.1.2	Zeitdiagramm	14
9.1.3	Dokumentation (Gleichungen, Parameter).....	14
9.1.4	Vergleich von Messung und Simulation	15
9.1.5	Interpretation	15



Abbildung 1:: Konsumenten-Info , Käse

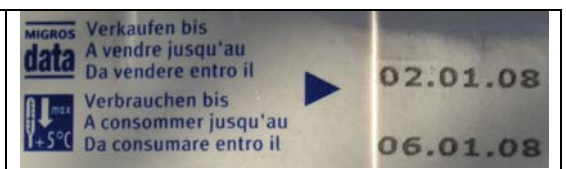


Abbildung 2: : Konsumenten-Info, Milch

1 Begriffe

Art. 11 Definitionen¹

1 Das **Mindesthaltbarkeitsdatum** ist das Datum, bis zu dem ein Lebensmittel unter angemessenen Aufbewahrungsbedingungen seine spezifischen Eigenschaften behält.

2 Das **Verbrauchsdatum** ist das Datum, bis zu welchem ein Lebensmittel zu verbrauchen ist. Nach diesem Datum darf das Lebensmittel nicht mehr als solches an Konsumentinnen oder Konsumenten abgegeben werden.

Art. 12 Grundsätze

1 Auf Lebensmitteln muss das Mindesthaltbarkeitsdatum angegeben werden.

2 Auf Lebensmitteln, die nach Artikel 25 der Hygieneverordnung des EDI vom 23. November 2005 oder nach spezifischen Temperaturanforderungen der Hygieneverordnung kühl gehalten werden müssen, muss an Stelle des Mindesthaltbarkeitsdatums das Verbrauchsdatum angegeben werden.

Das Mindesthaltbarkeitsdatum ist als Empfehlung zu verstehen, dessen Einhaltung gewährleistet eine **gute Qualität**. Bei längerer Aufbewahrung muss mit einer Qualitätseinbuße gerechnet werden.

Der Importeur darf das Haltbarkeitsdatum von Tiefkühlware selbst festsetzen, allerdings muss der Händler für die Sicherheit des Produktes garantieren können.

Lebensmittel, die kühl zu halten sind, müssen mit einem **Verbrauchsdatum** ("verbrauchen bis ...") versehen sein, alle übrigen Lebensmittel müssen mit dem Mindesthaltbarkeitsdatum ("mindestens haltbar bis ...") versehen sein.

Tiefgekühlte Lebensmittel sind zu ergänzen durch:

- einen Vermerk wie "Tiefkühlprodukt", "tiefgekühlt" oder "tiefgefroren"
- die Aufbewahrungstemperatur
- Hinweise über die Behandlung des Produktes nach dem Auftauen
- einen Vermerk wie: „nach dem Auftauen nicht wieder einfrieren“

Lässt sich die Mindesthaltbarkeit nur bei bestimmten Temperaturen oder dergleichen gewährleisten, muss auch darauf hingewiesen werden (etwa "trocken lagern").

Nach dem Lebensmittelgesetz muss auf jeder Verpackung ein Haltbarkeitsdatum angegeben sein. Nach Ablauf des Haltbarkeitsdatums sollte das Lebensmittel nicht mehr verzehrt oder verwendet werden.

Lebensmittel die **kein** Mindesthaltbarkeitsdatum (MHD) ausweisen müssen, sind:

- frisches Obst oder Gemüse
- Wein, Likörwein, Schaumwein oder ähnliche Erzeugnisse (Bei Getränken, die mehr als 1,2 Vol% Alkohol enthalten, muss der Alkoholgehalt angegeben sein).
- Getränke mit einem Alkoholgehalt über 10% (Bei Getränken, die mehr als 1,2 Vol% Alkohol enthalten, muss der Alkoholgehalt angegeben sein).
- Backwaren, die normalerweise innerhalb von 24 Stunden nach der Herstellung verzehrt werden.
- Essig, Salz, Zucker, Zuckerwaren, Kaugummi und Speiseeis in Portionspackungen

¹ Verordnung des EDI über die Kennzeichnung und Anpreisung von Lebensmitteln (LKV), vom 23. November 2005 (Stand am 12. Dezember 2006), 817.022.21

- Lebensmittel, die in mikrobiologischer Hinsicht sehr leicht verderblich sind, also nach sehr kurzer Zeit eine Gefahr für die menschliche Gesundheit darstellen, werden statt durch das Mindesthaltbarkeitsdatum, mit einem **Verbrauchsdatum** gekennzeichnet. Ein Beispiel ist Hackfleisch.

Nach Ablauf des MHD ist der Hersteller lediglich aus der Pflicht entlassen, für die angegebene **Qualität** seines Erzeugnisses zu bürgen. Hat er beispielsweise einen Vitamingehalt angegeben, darf dieser vor Ablauf des MHD nicht unterschritten werden, nach Ablauf schon. Das MHD gilt nur für ungeöffnete Originalverpackungen. Einmal aufgemacht, gelangen Sauerstoff, Feuchtigkeit und Mikroorganismen hinein und verursachen bzw. beschleunigen den Verderb.

Das Mindesthaltbarkeitsdatum oder das Verbrauchsdatum erwecken den Eindruck, bis zu diesem Zeitpunkt sei die Qualität optimal, nachher nicht mehr. Das ist falsch! Die Qualität nimmt mit der Zeit permanent ab!

Definition: Konservierungsarten ist der Sammelbegriff für verschiedene Methoden, Lebensmittel für eine bestimmte Zeit (siehe Haltbarkeitsdatum) haltbar zu machen (zu konservieren). Dadurch wird erst die Vorratshaltung möglich.

2 Verderb, Veränderung

Lebensmittel enthalten immer Mikroorganismen, die dafür verantwortlich sind, dass diese nach einer bestimmten Zeit verderben. Die verschiedenen Methoden der Konservierung bewirken, dass das Wachstum von Mikroorganismen gehemmt wird beziehungsweise diese abgetötet werden.

Ungesättigte Fette und Öle, sowie andere oxidationsempfindliche Stoffe neigen dazu, sich mit dem Sauerstoff der Luft zu verbinden, was bei einigen fetthaltigen Lebensmitteln dazu führt, dass sie ranzig werden.

Zu Beginn entstehen als Produkt der Reaktion von Fettsäuren mit Sauerstoff in der Hauptsache Hydroperoxide. Wie hoch die Reaktionsrate ist und welche Arten von Produkten gebildet werden, hängt von den anschliessenden Reaktionen ab. Für die unangenehmen Geruchs- oder Geschmackseigenschaften „abgestandener“ oder ranziger Lebensmittel sind grösstenteils Produkte dieser Reaktionen wie z.B. Hydroxysäuren, Oxosäuren und Aldehyde verantwortlich. Diese Prozesse können wirksam verlangsamt werden, wenn die Lebensmittel in einer sauerstoffarmen Atmosphäre verpackt sind.

3 Konservierungsarten

- Räuchern,
- Salzen,
- Zuckern (siehe Gelierzucker),
- Trocknen (siehe Trockenobst),
- Einlegen (siehe Marinade),
- Einkochen,
- Einfrieren,
- Kühlen im Kühlschrank oder Kühlraum (kalt stellen),
- Pasteurisieren (zum Beispiel Milch) oder
- die Verwendung chemischer Konservierungsmittel.

Tabelle 1: Beispiele für sinnvolle Lagerzeiten (Alle Angaben beziehen sich auf die Lagerung im Kühlschrank)

Nahrungsmittel	Lagerzeiten
Frischmilch	1 Tag bis 2 Tage
H-Milch, geöffnet	2 Tage bis 3 Tage
Kondensmilch, geöffnet	4 Tage bis 5 Tage
Hart- und Schnittkäse	8 Tage bis 10 Tage
Eier	höchstens 2 Wochen
Fisch, roh	höchstens 1 Tag
Fisch, gegart	1 Tag bis 2 Tage
Fisch, geräuchert	1 Tag bis 2 Tage
Fischkonserve, geöffnet	1 Tag bis 2 Tage
Fleisch, roh	1 Tag bis 2 Tage
Fleisch, gegart	2 Tage bis 3 Tage
Kopfsalat	1 Tag bis 2 Tage
Möhren, roh	6 Tage bis 8 Tage
Gemüse, gegart	1 Tag bis 2 Tage
Tiefkühlkost, aufgetaut	höchstens 1 Tag
Reis und Nudeln, gegart	1 Tag bis 2 Tage

4 Kühlschrank (refrigerator)

Definition: Ein Kühlschrank ist ein Gerät, das zur kurzfristigen Vorratshaltung leicht verderblicher Lebensmittel dient. In ihm werden Lebensmittel bei einer konstanten Temperatur (zwischen 2°C und 9°C) kühl gelagert.

Viele Kühlschränke haben Verdampferfächer, so genannte *Gefrierfächer*, für die Lagerung von Tiefkühlkost. Sie sind mit einem 1- bis 4-Sterne-Symbol gekennzeichnet. Ein 3-Sterne-Gerät kann Lebensmittel länger konservieren als ein 2-Sterne-Gerät, ein 4-Sterne-Gerät kann Lebensmittel auch *einfrieren*.

**Tabelle 2: Kriterien bei Kühlschränken für Gefriergut**

Sterne	Temperatur mindestens (°C)	Besonderes
*	-6	für bereits gefrorene Lebensmittel für den Wochenendbedarf
**	-12	für bereits gefrorene Lebensmittel für 2 bis 3 Wochen
***	-18	Lagern bereits gefrorener Lebensmittel
****, Gefrierfach	> -18	um Frischware einzufrieren

Welche Temperatur soll beim Kühlschrank eingestellt sein?

Die Lebensmittel verderbenden Bakterien stellen ihr Wachstum erst unterhalb 4,5 °C ein. Somit soll die Temperatur im Kühlschrank 4 °C nicht übersteigen. Bei höheren Temperaturen sind die Lebensmittel wesentlich kürzer haltbar und verderben rascher.

Der von vielen Seiten empfohlene "Energiespartipp", die Temperatur höher zu stellen und damit Strom zu sparen, ist falsch. Ist zum Beispiel ein Joghurt nicht mehr genussfähig, weil die Temperatur im Kühlschrank zu hoch eingestellt wurde, muss mehr Geld für den Ersatz dieses Lebensmittels ausgegeben werden als für die Erreichung der tieferen Temperatur benötigt worden wäre.

Tabelle 3: Beispiele aus dem eigenen Kühlschrank und Gefrierschrank

Sterne	Temperatur höchstens (°C)	Lagerdauer (Tage)			
		Pommes duchesse (coop)	Gartenerbsen	Himbeeren	Pizzettini
Kühlschrank	5	1	1	1	
*	-6	3	3	3	
**	-12	3	3	3	21
***	-18	120*	180*	180*	90*
**** Gefrierfach	> -18	120*	180*	180*	90*

5 Gefrierprodukte

Transporttemperaturen bei Gefrierlagerung von Obst, die zwischen -18 und -20°C liegen, d.h. dass 80 bis 90 % des Zellsafts ausgefroren sind, so dass Mikroorganismen und Enzyme kaum noch wirken können.

Gefrierfleisch/Fisch erhält im Schnellgefrierverfahren eine Kerntemperatur von -18°C bis -27°C, es muss unter strenger Einhaltung der Gefrierkette transportiert werden. Bei Temperaturschwankungen > 1 C° erfolgt eine Rekristallisation. Die im Schnellgefrierverfahren innerhalb der Zellen entstandenen winzigen Eiskristalle könnten dann wieder zu grossen Kristallen anwachsen. Mit den Temperaturschwankungen ist ein ständiges geringes Auftauen und Neugefrieren verbunden. Da die kleinen Eiskristalle einen höheren Dampfdruck als die grösseren haben, werden sie auch beim Temperaturanstieg schneller schmelzen, während bei der Abkühlung durch denselben Effekt sich das Wasser bevorzugt an die grösseren Eiskristalle als Eis anlagert. Die grossen Eiskristalle zerstören die Zellwände, so dass es beim späteren Auftauen des Fleisches/Fisches zu einem hohen Saftverlust (drop) kommt. Das Fleisch wird strohig und erfährt dadurch eine Qualitätsminderung.

Tabelle 4: Einige Daten²

Nahrungsmittel (immer ungeöffnet)	Kühlschrank (40°F → 4.4 °C) Wochen	Gefrierschrank (0°F → -17.8°C) Monate
Fruchtgetränke, Getränke in Kartons	3	6-9
Butter	4-12	6-9
Hartkäse	3-4	6
Yoghurt	1-2	1-2
Schinken (gekocht, geschnitten)	3-4 Tage	1-2
Steaks	3-5 Tage	6-12
Huhn gebraten	3-4 Tage	4

Fragen:

1. Warum ist für Spirituosen ist lebensmittelrechtlich kein MHD vorgesehen?
2. Wo hat es auch kein MHD? Warum?
3. Suchen Sie den Zusammenhang zwischen Temperatur und Haltbarkeit (Tabellen auswerten).

6 Aufgaben

- Welchen Einfluss hat die Temperatur auf die Haltbarkeit?
- Ist es für die Haltbarkeit wichtig, ob die Türe zum Kühlschrank oft geöffnet wird?

Antworten zu den Aufgaben:

Welchen Einfluss hat die Temperatur auf die Haltbarkeit?

Die Umwandlung der Edukte, Verderben der Nahrungsmittel, verläuft in Funktion der Zeit exponentiell.

Ist es für die Haltbarkeit wichtig, ob die Türe zum Kühlschrank oft geöffnet wird?

Man beachte die Schwankungen der Geschwindigkeit, sie zeigen den Einfluss der Temperaturschwankungen an (z.B. das Öffnen der Kühlschranktüre).

² DuPage County Health Department, Environmental Health Services,
<http://www.dupagehealth.org/safefood/consumer/misc/coldchart.asp>, 2004-10-23

7 Lösungen

Annahmen:

- Die Temperatur schwankt mit einer Sinusfunktion (Öffnen der Tiefkühltruhe).
- Einige Substanzen werden abgebaut, neue werden gebildet.
- Die Reaktionsgeschwindigkeit gehorcht dem Gesetz von Arrhenius.

7.1 Simulationsdiagramm (Typ 2 in umgekehrter Richtung)³

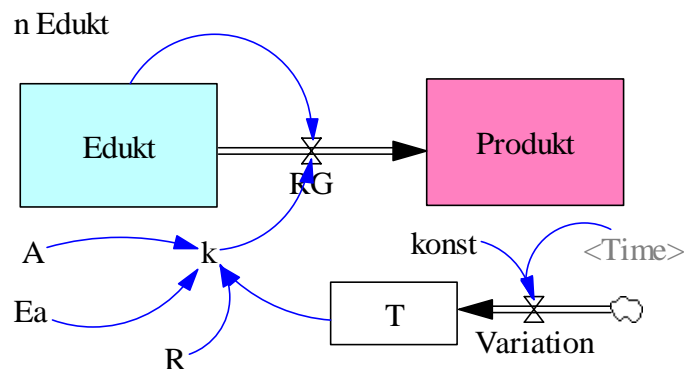


Abbildung 3: Simulationsdiagramm der Veränderung eines Lebensmittels

7.2 Dokumentation (Gleichungen, Parameter)

- (01) $A = 100000$
Units: 1/Day [10000,1e+006]
- (02) $E_a = 60000$
Units: J/mol [40000,100000]
- (03) $\text{Edukt} = \text{INTEG}(-RG, n \text{ Edukt})$
Units: mol
- (04) $\text{FINAL TIME} = 60$
Units: Day
The final time for the simulation.
- (05) $\text{INITIAL TIME} = 0$
Units: Day
The initial time for the simulation.
- (06) $k = A \cdot \exp(-E_a / (R \cdot T))$
Units: 1/Day
- (07) $\text{konst} = 0$
Units: 1/Day [0,10]
- (08) $n \text{ Edukt} = 1$
Units: mol [0,100]
- (09) $\text{Produkt} = \text{INTEG}(RG, 0)$
Units: mol
- (10) $R = 8.31441 \cdot 1$
Units: J/mol/K

³ Bützer Peter, Roth Markus, Die Zeit im Griff, Systemdynamik in Chemie und Biochemie, verlag pestalozzianum, Zürich 2006, S.43ff

- (11) $RG = k \cdot \text{Edukt} \cdot 86400$
 Units: mol/Day
 86400: Umrechnung von k(1/Second) in k(1/Day)
- (12) $\text{SAVEPER} = \text{TIME STEP}$
 Units: Day [0,?]
 The frequency with which output is stored.
- (13) $T = \text{INTEG}(\text{Variation}, 293)$
 Units: K [293,493]
- (14) $\text{TIME STEP} = 0.01$
 Units: Day [0,?]
 The time step for the simulation.
- (15) $\text{Variation} = \text{SIN}(\text{konst} \cdot \text{Time})$
 Units: K/Day

7.3 Zeitdiagramm

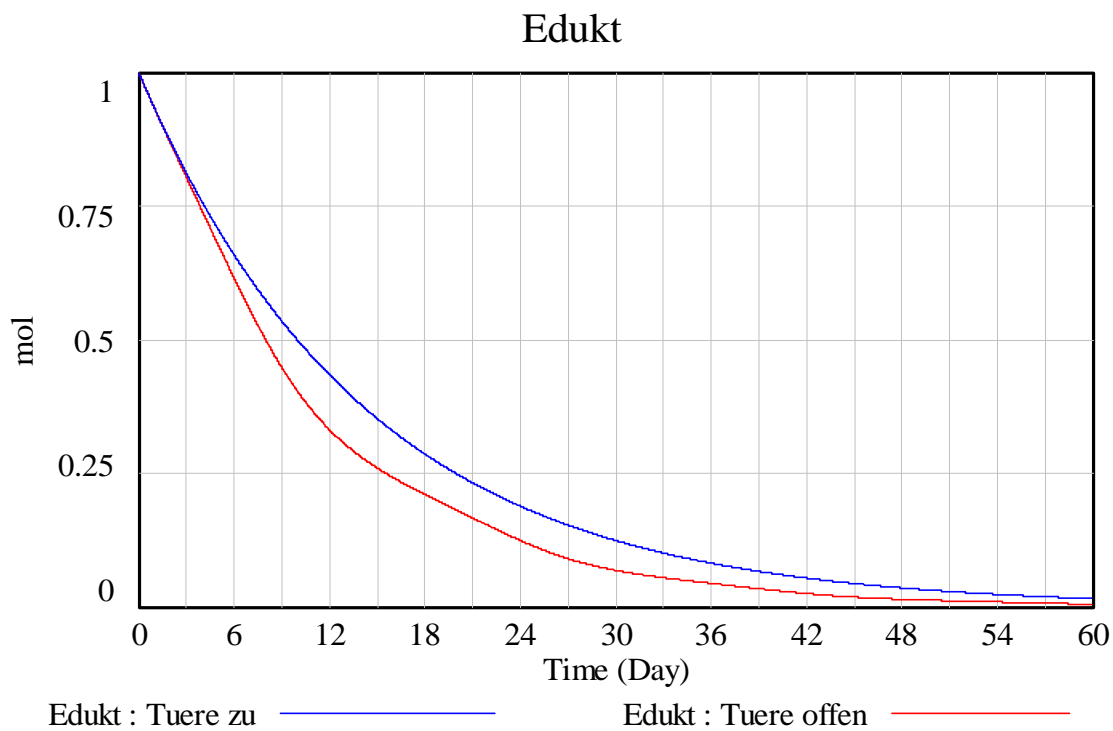


Abbildung 4: Zeitdiagramm eines Tiefkühlprodukts bei immer geschlossener und periodisch geöffneter Türe.

7.4 Interpretation

Alle Lebensmittel verändern sich von Anfang an, sie unterscheiden sich in der Geschwindigkeit der Veränderungen – der chemischen Reaktionen (oxidieren, atmen, zersetzen...) oder physikalischen Prozesse (trocknen, verdunsten, Wasser aufnehmen...).

Mit dem Mindesthaltbarkeitsdatum kann eine Mindestqualität sichergestellt werden, was keiner optimalen Qualität entsprechen muss.

Das Ablaufdatum ist eine zeitliche Grenze, welche eine Gefährdung ausschliesst.

8 Vergleich mit der Realität

Die Lagerzeiten sind als chemische Reaktionen ganz entscheidend durch die Lager-Temperatur bestimmt.

Ein Modell kann wohl den Verlauf der chemischen Reaktion beschreiben, aber es kann bestenfalls bei Gleichgewichtsreaktionen genaue Zeitpunkte auf einem kontinuierlichen Verlauf festlegen. Haltbarkeits- und das Ablaufdatum sind somit wissenschaftlich keine genau festgelegten Werte, sondern werden als Kompromisse bestimmt.

8.1 Haltbarkeit von Butter bei verschiedenen Temperaturen⁴.

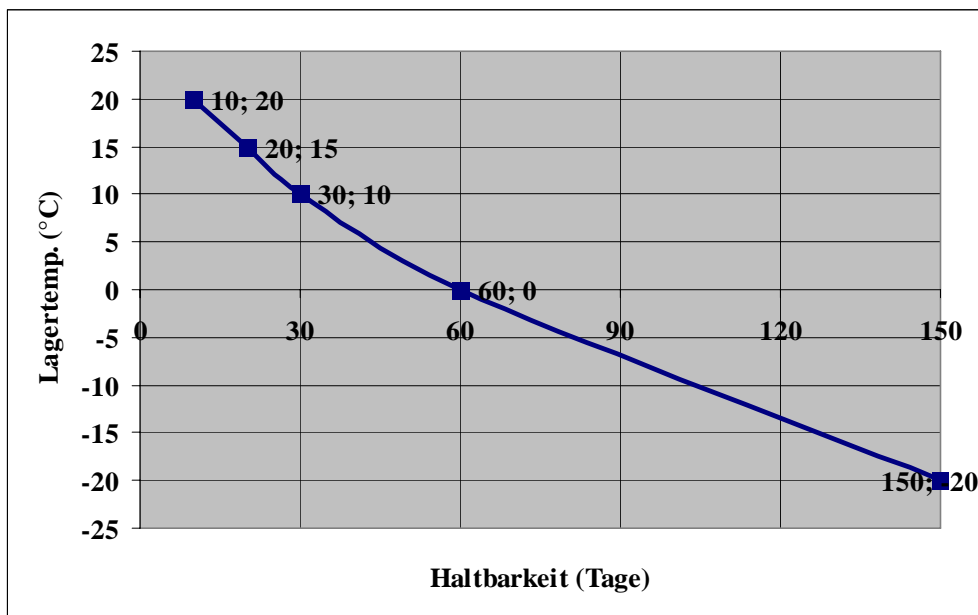


Abbildung 5: Haltbarkeitsdauer von Butter bei verschiedenen Lagertemperaturen

Hier ist die Faustregel: Eine Temperaturniedrigung um 10 °C verlängert die Haltbarkeit um einen Faktor 2-3.

⁴ Körperth H., Konservierung der Lebensmittel, Aulis Verlag Deubner & Co. KG, Köln, 1979, 43
Februar 2008

8.2 Würde die RGT-Regel auch stimmen?

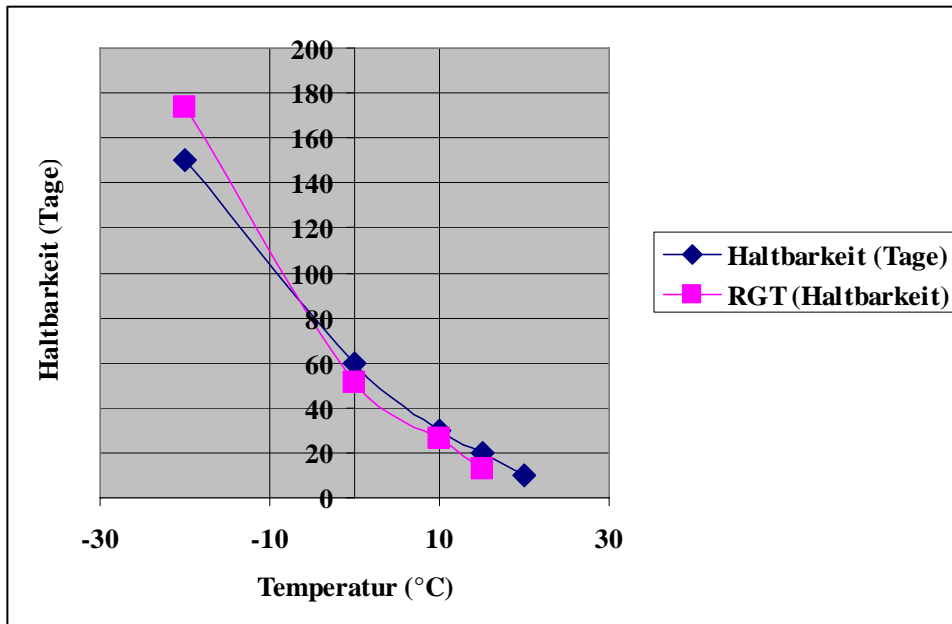


Abbildung 6: Vergleich der Messdaten der Butter mit der RGT-Regel mit der Basis 1.7 ($1.7^{\text{Temperaturdifferenz}/10}$) (Referenz: Temperatur 20°C)

Die RGT-Regel stimmt für dieses Lebensmittel recht gut, die Lagerdauer ist jedoch kürzer, als man mit der Basis 2 erwarten würde.

8.3 Simulation

8.3.1 Simulationsdiagramm

Die Simulation der RGT-Regel (Regel von van Hoff, Q10-Regel) kann so vorgenommen werden, dass die Zeitachse als Temperaturabfall verwendet wird.

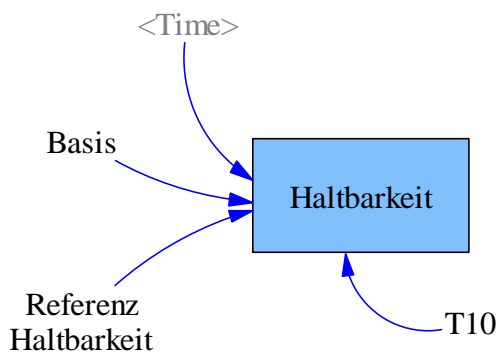


Abbildung 7: Simulationsdiagramm der RGT-Regel (Basis 1.7, Referenzhaltbarkeit: 60 Tage bei 0°C)

8.3.2 Dokumentation (Gleichungen, Parameter)

- (1) Basis= 1.7
Units: Dmnl [1.5,4]

- (2) FINAL TIME = 20
Units: K
The final time for the simulation.
- (3) Haltbarkeit= Referenz Haltbarkeit*Basis^(-Time/T10)
Units: Day [0,?]
RGT-Regel
- (4) INITIAL TIME = -20
Units: K
The initial time for the simulation.
- (5) Referenz Haltbarkeit= 60
Units: Day [0,180]
Referenz Haltbarkeit. Für Butter ist der Wert ca. 60 Tage bei 0°C
- (6) SAVEPER = 5
Units: K [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (7) T10= 10*1
Units: K [10,10]
- (8) TIME STEP = 1
Units: K [0,?]
The time step for the simulation.

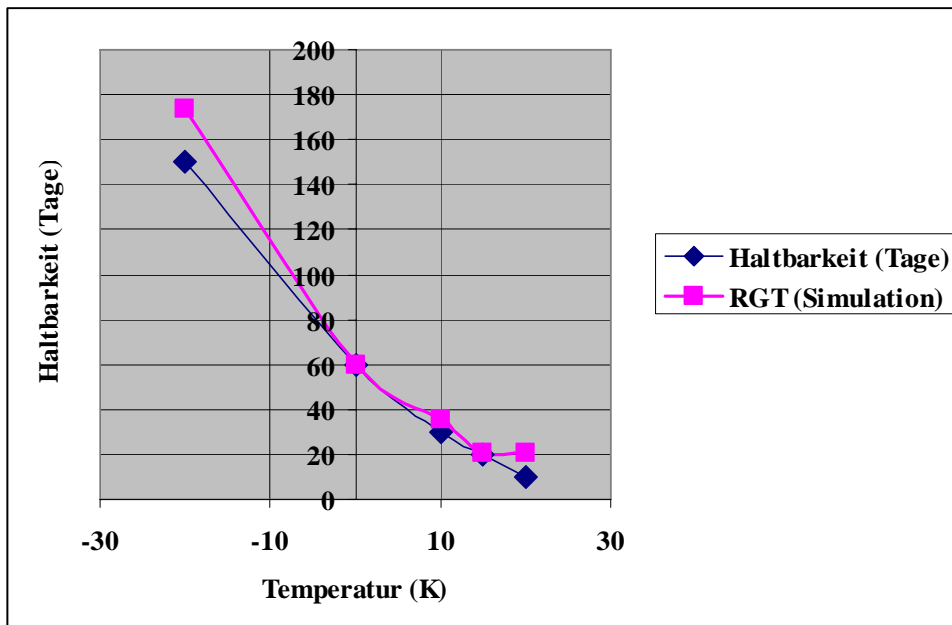


Abbildung 8: Vergleich von Literaturdaten mit der Simulation

8.3.3 Interpretation

Die Simulation der RGT-Regel kann den Verlauf einigermaßen beschreiben. Bei sehr tiefen Temperaturen stimmen die Werte nicht sehr gut, weil dort das eingeschlossene Wasser gefriert. Bei hohen Temperaturen sind autokatalytische Prozesse für eine raschere Zersetzung verantwortlich.

8.4 Aktivierungsenergie

Aus Daten der Abbildung 5 lässt sich mit der Arrhenius-Gleichung die Aktivierungsenergie bestimmen.

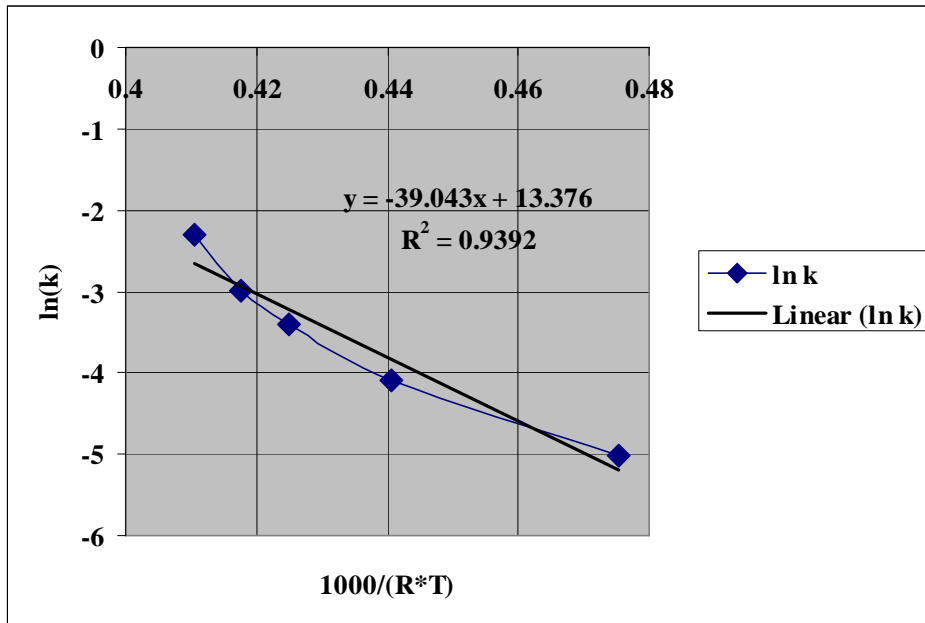


Abbildung 9: Modifizierter Arrhenius-Plot; die Aktivierungsenergie beträgt 39 kJ/mol

Die Aktivierungsenergie der Veränderungen von Butter ist in der Größenordnung von Enzymreaktionen, also sehr tief.

8.4.1 Interpretation

Die Zersetzungsprodukte in Hackfleisch bilden sich mit einem zeitlich exponentiellen Verhalten, wie das bei der Simulation angenommen wurde.

Die Qualität wird kontinuierlich schlechter und das Haltbarkeits- oder Verbrauchsdatum ist ein mehr oder weniger willkürlich gewählter Zeitpunkt.

Die Verdoppelungszeit der Konzentration der Zersetzungsprodukte beträgt bei diesem Beispiel 2.93 Tage.

9 Welche Prozesse laufen bei Hackfleisch ab?

Lagerung von Hackfleisch bei 15 °C in spezieller Verpackung⁵.

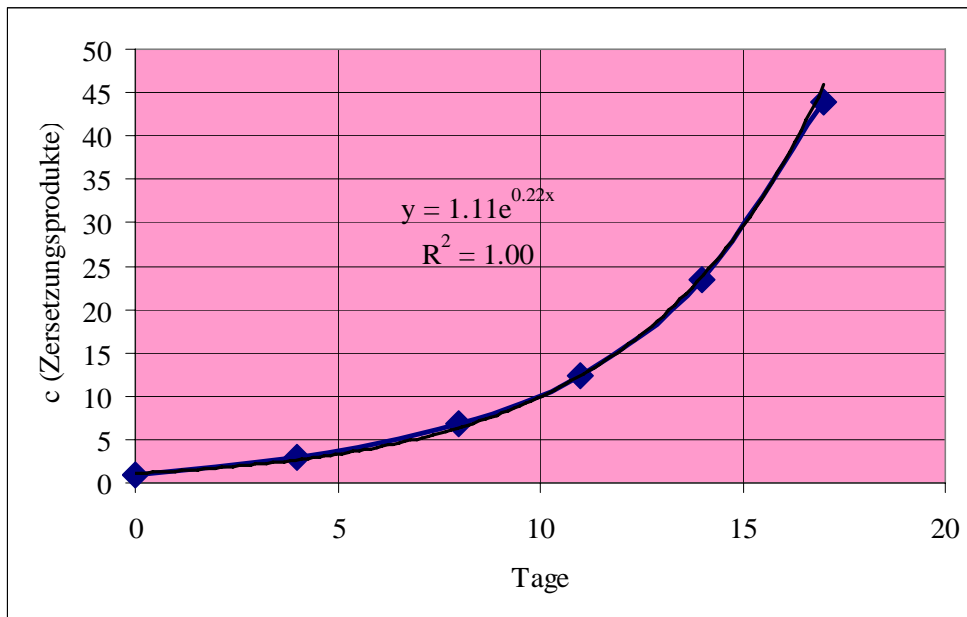


Abbildung 10: Bildung von Zersetzungsprodukten bei Hackfleisch in Funktion der Lagerzeit

Die Messungen lassen mit der Trendlinie vermuten, dass eine exponentielle Zunahme der Zersetzungsprodukte im Hackfleisch auftritt. Das ist beispielsweise bei Wachstum von Mikroorganismen oder Autokatalytischen Prozessen der Fall. Bei Hackfleisch trifft wahrscheinlich eher Ersteres zu.

9.1 Simulation (Typ 2)³

Annahmen:

- Es handelt sich um ein Wachstum, das sich selbst beschleunigt (positive Rückkopplung).
- Die Zersetzungskonzentration ist proportional der Menge Mikroorganismen.
- Der Startwert der Zersetzungskonzentration am Tag 0 ist 1.

9.1.1 Simulationsdiagramm

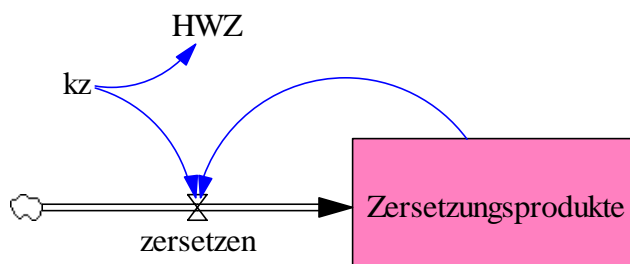


Abbildung 11; Simulationsdiagramm der Zersetzung als Wachstum von Mikroorganismen

⁵ Adechy :, Shiers V., Squibb A., Verdorbene Nahrungsmittel und die "Elektronische Nase", Agilent Technologies, PEAK 1/2000, S.2

9.1.2 Zeitdiagramm

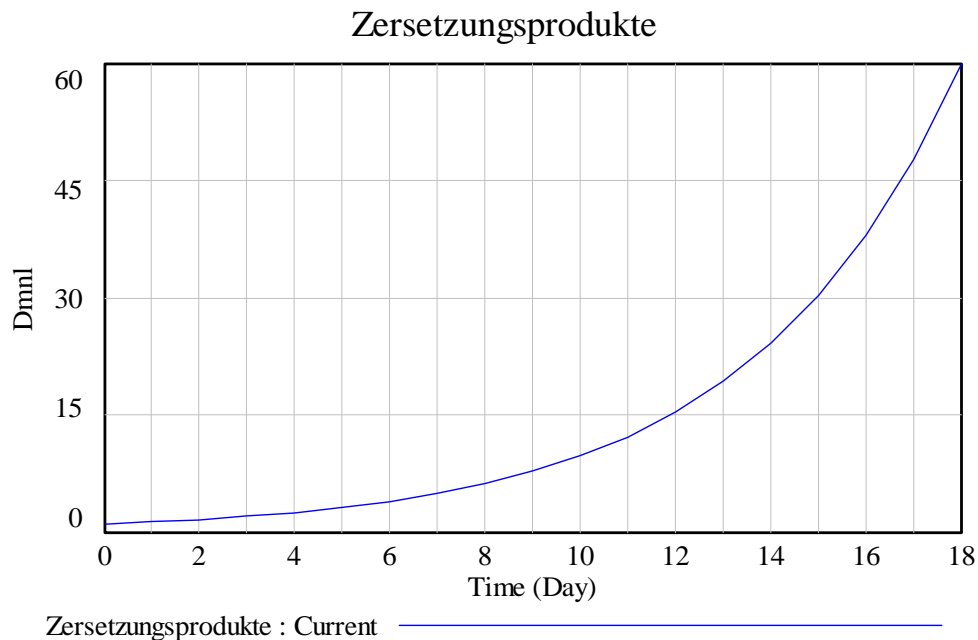


Abbildung 12: Zeitdiagramm einer exponentiellen Wachstumskurve

9.1.3 Dokumentation (Gleichungen, Parameter)

- (1) FINAL TIME = 18
Units: Day
The final time for the simulation.
- (2) HWZ= $\ln(2)/kz$
Units: Day [0,?]
Halbwertszeit der Zersetzung
- (3) INITIAL TIME = 0
Units: Day
The initial time for the simulation.
- (4) kz= 0.23
Units: 1/Day [0,1]
Reaktionsgeschwindigkeitskonstante, Wachstumskonstante
- (5) SAVEPER = 1
Units: Day [0,?]
The frequency with which output is stored.
- (6) TIME STEP = 0.1
Units: Day [0,?]
The time step for the simulation.
- (7) zersetzen= $kz \cdot \text{Zersetzungsprodukte}$
Units: 1/Day [0,?]
Geschwindigkeit der Zersetzung
- (8) Zersetzungsprodukte= INTEG (zersetzen, 1)
Units: Dmnl [0,?]

9.1.4 Vergleich von Messung und Simulation

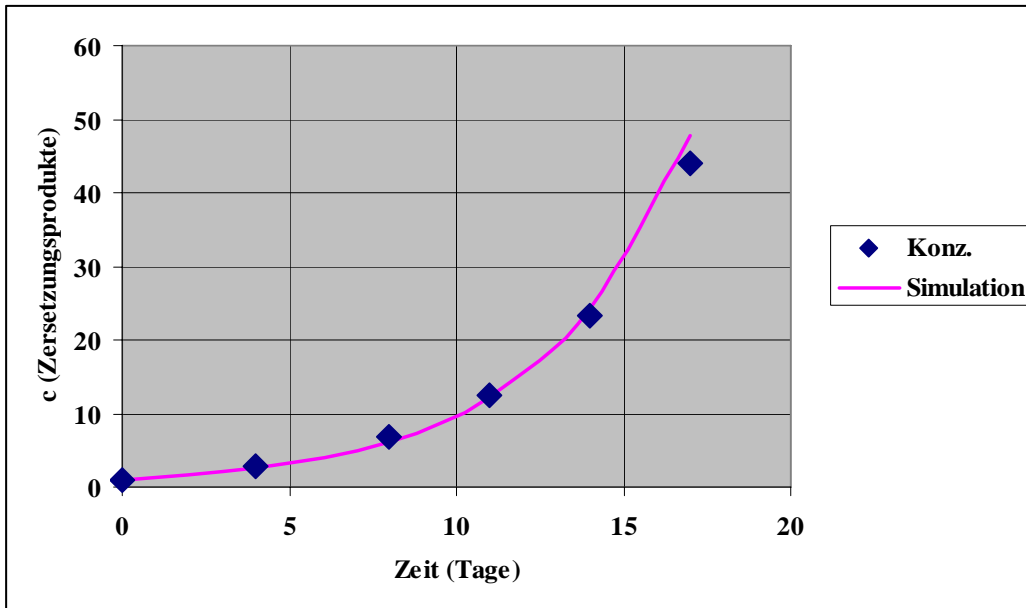


Abbildung 13: Vergleich von Messungen und Simulation

9.1.5 Interpretation

Der Verlauf der gemessenen Kurve von Zersetzungsprodukten lässt sich sehr gut mit einem exponentiellen Verlauf beschreiben.

Dieser Verlauf könnte am Anfang beim Wachstum von Mikroorganismen oder bei autokatalytischen Prozessen auftreten.

Die Simulation lässt auf einfachste Art verstehen, wie sich Mikroorganismen selbst vermehren und damit das Wachstum einen exponentiellen Verlauf annimmt – ohne dass man die Exponentialfunktion verwenden muss.

Fragen:

4. Warum ist für Spirituosen lebensmittelrechtlich kein MHD vorgesehen?
5. Wo hat es auch kein MHD? Warum?
6. Suchen Sie den Zusammenhang zwischen Temperatur und Haltbarkeit (Tabellen auswerten).

Antworten:

1. Spirituosen enthalten so hohe Konzentrationen an Alkohol (Ethanol), dass sie konserviert bleiben.
2. Bei Zucker, Salz und Soda als reine Stoffe hat es kein MHD, da sich diese nicht zersetzen.
3. Je tiefer die Temperatur, desto länger die Haltbarkeit (RGT-Regel, Q10-Regel, Regel von van't Hoff, Arrhenius Gleichung)