



# Mikrobieller Verderb von pflanzlichen Lebensmitteln

## Mikrobieller Verderb von Frischobst und -gemüse

*Amal Wicke*

Landesamt für Verbraucherschutz Sachsen-Anhalt



## **Themenschwerpunkte**

- 1. Einflüsse auf die Mikroflora der Pflanzen**
- 2. Ursachen des Verderbs**
- 3. Formen des mikrobiologischen Verderbs**
- 4. Bedeutung von Schimmelpilzen als Verderbniserreger**
- 5. Verderbnisbilder**
- 6. Maßnahmen zur Verhinderung des Verderbs pflanzlicher Lebensmittel**



## Einflüsse auf die Mikroflora der Pflanzen (I)

- Das Innere unverletzter und gesunder Pflanzen ist normalerweise steril. Nur Samen und Früchte können bereits bei der Befruchtung durch den Pollenschlauch im Inneren der Samenanlagen kontaminiert werden.
- Durch Insekten und Vögel sowie Düngung mit nicht pasteurisierten Abwässern oder Kompost aus Kläranlagen können Pflanzen auch fäkal kontaminiert werden.
- Zur natürlichen Mikroflora gehören alle Bakterien, die im Boden und damit auf der Oberfläche der Pflanzen zu finden sind. Die Keimzahlen können zwischen  $10^3$  bis  $10^7$  KbE/g liegen.



## Einflüsse auf die Mikroflora der Pflanzen (II)

- Frisches Gemüse ist schwach sauer bis neutral und ermöglicht Bakterien ein gutes Wachstum. In Früchten können sich in der Regel nur Schimmelpilze und Hefen vermehren.
- Die Epidermis der Pflanzen ist zusammen mit der Kutikula sowie einer mehr oder weniger dicken Wachsschicht ein wirksamer Schutz gegen das Eindringen von Mikroorganismen.
- Unverletzte Pflanzenteile können nur durch den enzymatischen Abbau von Erwinia-Arten und einigen Pilzen direkt angegriffen werden.
- Viele Pilze gelangen außerdem nach zunächst nur oberflächlichem Wachstum durch Spaltöffnungen ins Innere des Gewebes



## Einflüsse auf die Mikroflora der Pflanzen (III)

- Zahlreiche Pflanzen enthalten Stoffe mit deutlich bakteriostatischer und fungistatischer Wirkung. Sie sind deshalb besser haltbar.

Zu nennen sind:

- **Benzoessäure** in Preiselbeeren, Heidelbeeren, Pflaumen u.a. Früchten
- **Gerbstoffe** in unreifen Früchten
- **Ätherische Öle** in Zitrusfrüchten
- **Senföle** in Rettich, Zwiebel und Knoblauch
- **Phytocine z. B. Salizylsäure** in Weintrauben, Erdbeeren, Himbeeren



## Einflüsse auf die Mikroflora der Pflanzen (IV)

### Phytoalexine

- werden erst nach Infektion der Pflanzen durch Mikroorganismen gebildet
- niedermolekulare Substanzen, die wenig artspezifisch sind
- wurden bisher nur bei Gemüse nachgewiesen
- greifen an generellen Punkten im Stoffwechsel an
- können auch für Menschen und Tiere toxisch sein
- auch Ethylen (Phytohormon) kann Bildung von Phytoalexinen anregen



## Verderb von Lebensmitteln

- **Verderb** bezeichnet den Prozess des Verfalls von Lebensmitteln, der dazu führt, dass Lebensmittel nicht mehr genießbar oder sogar gesundheitsschädlich sind.
- **Verderb** zeichnet sich aus durch Veränderungen in Aussehen, Konsistenz, Geruch und Geschmack.
- Die lebensmittelrechtliche Bewertung erfolgt nach dem Grad der Ausprägung dieser Veränderungen.



Der Zeitpunkt, ab dem ein Lebensmittel als verdorben und nicht mehr Verkehrsfähig eingestuft wird, hängt jedoch auch von regionalen Ansichten und Gewohnheiten ab.



## Ursachen des Verderbs pflanzlicher Lebensmittel

1. Befall durch Mikroorganismen – Bakterien, Hefen, Schimmelpilze
2. biochemische Veränderungen – Atmung, Reifung, Allelopathie
3. physikalische Veränderungen – Austrocknung, Welkung, Kaltlagerschäden, Erfrieren
4. Mechanische Schäden durch den Transport





## Biochemische Veränderungen


Viele Obstarten werden im Stadium der Pflückreife versandt. Die Früchte weisen eine harte Konsistenz, einen hohen Stärkegehalt und meist eine grüne Farbe auf.

 Vorklimakterium (Pflück-, Ernte, Versand- oder technische Reife)

Biochemische Prozesse führen zur Bildung von Zucker aus Stärke, so dass die reifen Früchte das typisch süß-säuerliche Aroma ausbilden, verbunden mit einer zunehmend weicheren Konsistenz.

 Klimakterium (Genuss- oder Verbrauchsreife)

Beginnende Zersetzungsprozesse führen zu einer Art Selbstaflösung. Das Fruchtfleisch wird mehlig, teigig, und es entsteht ein zunehmender fader Geschmack

 Postklimakterium (physiologische Reife)



## Physikalische Veränderungen

### ➤ Austrocknung, Welkung von Kühlprodukten

Bedingt durch den hohen Wassergehalt der leichtverderblichen Lebensmittel, entsteht ein Dampfdruckgefälle von der Oberfläche des Produktes zur Raumluft. D.h., dass Früchte mit einem hohen Wassergehalt, wie z.B. Äpfel, Paprika usw., zur Wasserdampfabgabe neigen, bis ihre Umgebungsatmosphäre eine für sie typische Feuchte erreicht hat. Diese Feuchte nennt man Gleichgewichtsfeuchte.



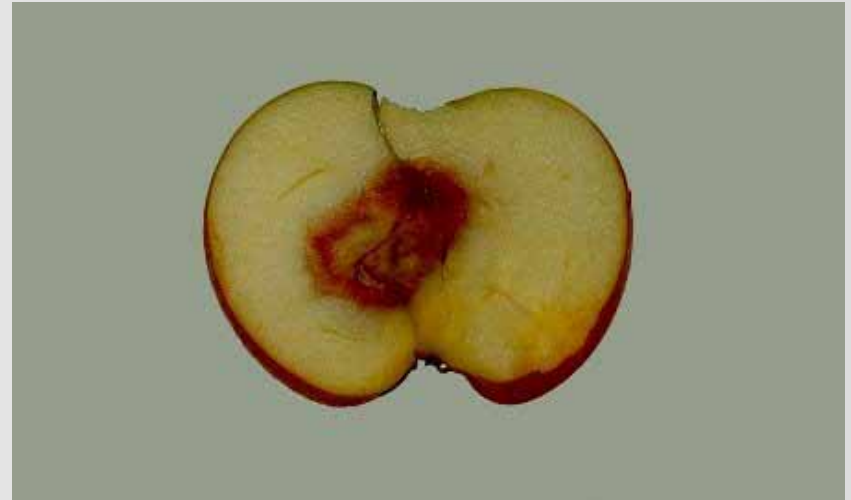
Kann diese Gleichgewichtsfeuchte nicht eingestellt oder gehalten werden, kommt es zu Schwund bzw. Masseverlust durch Welkung.



## ➤ **Kaltlagerschäden beim Obst (Chilling)**

Chilling sind funktionelle Stoffwechselstörungen, die irreparabel sind und besonders bei pflanzlichen Lebensmitteln entstehen. Durch die Kühlung unter ihrem Chillpunkt verlieren die Früchte die Fähigkeit, zu reifen. Unterkühlte Früchte "sterben ab" und können zum Totalverlust werden. Die Transport- und Lagertemperaturen liegen beim Obst weit oberhalb ihres Gefrierpunkts.

Die Herzbräune des Apfels ist ein eindeutiges Zeichen für einen Chilling-Schaden





## Mikrobieller Verderb

- die Summe aller nachteiligen Veränderungen von Lebensmitteln, die durch die Vermehrung und die Stoffwechselaktivität von Mikroorganismen verursacht werden.
- Die Einwirkungen der Mikroorganismen verändern die Lebensmittel sowohl stofflich als auch strukturell.
- Die zugrundeliegenden Abbauvorgänge erfolgen mit fließenden Übergängen in 2 Phasen:



## 1. Phase

- Mikroorganismen nutzen die in den Lebensmitteln frei verfügbaren niedermolekularen Stoffe (im Gewebs- und Zellsaft gelöst) als Energie-, Kohlenstoff- und Stickstoff-Quelle.
- Diese Stoffe werden aber nur zu einem Teil vollständig abgebaut. Sie werden teilweise auch in leicht flüchtige, oft stark riechende Produkte umgebaut.



Vorgänge sind sensorisch oft deutlich als Beginn des mikrobiellen Verderbs erkennbar.



## 2. Phase

- Bei fortschreitendem Verderb werden von den Mikroorganismen zahlreiche Enzyme gebildet, die dann die Hauptbestandteile der Lebensmittel (höhermolekulare Polysaccharide, Proteine, Lipide) in ihre niedermolekularen Bestandteile aufspalten.
- Damit sind dann oft auch stärkere strukturelle Veränderungen der Lebensmittel verbunden.



Die wichtigsten Verderbsanzeichen sind eigentlich immer die sensorisch (insbesondere geruchlich) erkennbaren Veränderungen.



## Formen des mikrobiellen Verderbs von pflanzlichen Frischeprodukten

### ➤ **Bakterielle Weich- oder Nassfäule**

- verursacht durch Bakterien der Gattung Erwinia
- kommt sehr selten bei Obst vor, praktisch nur bei Birnen
- dafür kann fast jede Gemüseart befallen werden, insbesondere in wasserdampfgesättigter Atmosphäre in Plastikbeuteln



## Verderbnisprozess

- Bakterien ernähren sie sich zunächst von Zellsaft auf der Oberfläche.
- Später produzieren sie sehr aktive Protopektinasen, die die Mittellamellen zwischen den Zellen des Substrates auflösen.
- Das Gewebe zerfällt breiartig-schmierig mit üblem Verderbsgeruch.
- Nach dem Gewebszerfall können sich weitere Bakterienarten wie Pseudomonas-, Enterobacter- und Lactobacillus-Arten vermehren und die zerfallenen Zellen weiter zersetzen.





## Bakterielle Weichfäule bei Porree





## ➤ **Fäulnisercheinungen durch Hefen und Schimmelpilze**

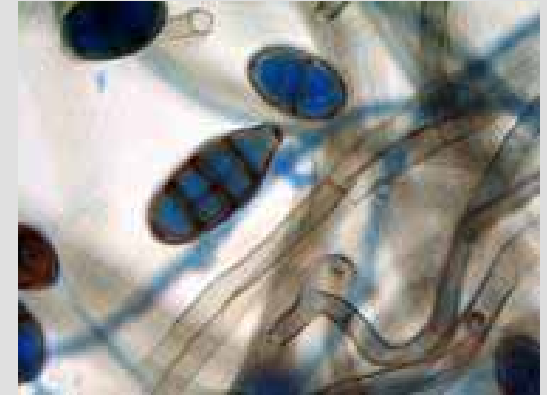
- sichtbar ist in der Regel nur der Pilzbefall, zuvor kommt es jedoch häufig zu einer massiven Vermehrung der Hefen
- Pilze nutzen den von den Hefen aus Zucker gebildeten Alkohol als Kohlenstoff-Quelle
- erst wenn dieser verbraucht ist, erfolgt ein enzymatischer Abbau höhermolekularer Stoffe durch die Pilze, verbunden mit einem direkt sichtbaren Gewebezerfall.

Unabhängig von den spezifischen, zum Teil sehr unterschiedlichen Erregerpilzen werden in der Praxis die Verderbnisbilder nach dem äußerlichen Erscheinungsbild unterschieden.



## Bedeutung von Schimmelpilzen als Lebensmittelverderber

- Besiedlung verschiedenster Substrate möglich
- besitzen eine breite Enzymausstattung
- zahlreiche Schimmelpilze sind Mykotoxinbildner
- allergenes Potential ist ein häufig unterschätztes Problem
- zeichnen sich durch i.d. Regel schnelles Wachstum in einem breitem Temperaturbereich aus (mesophile und thermophile Schimmelpilze)
- jedoch auch Wachstum unter °C möglich
- Schimmelpilze sind aerob, jedoch ist Wachstum auch bei geringem Sauerstoffgehalt noch möglich



## Gattung *Alternaria*

- weit verbreitete Saprophyten, in der Erde, auf Pflanzenmaterialien Feldpilz von Getreiden,
- Verfärbung von Mehlen, auch in Backwaren
- häufig in Samen (Bohnen, Erbsen, Linsen, Kaffeebohnen, Kakao)
  
- zersetzen Zellulose, Pektin, Lignin
- Wachstum bis 2°C möglich
- Mykotoxin Alternariol  
steht im Verdacht fruchtschädigend (teratogen),  
erbgutverändernd (mutagen) und möglicherweise  
krebserregend (cancerogen) zu wirken.
  
- besitzt allergenes Potential



## Gattung Cladosporium



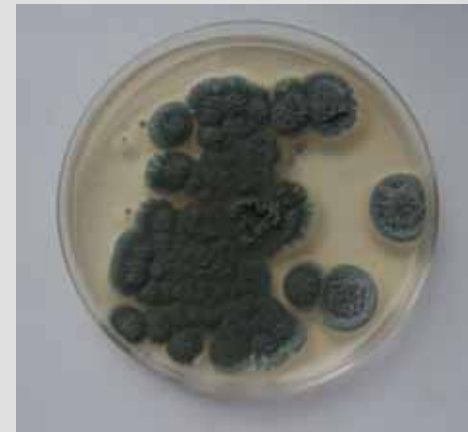
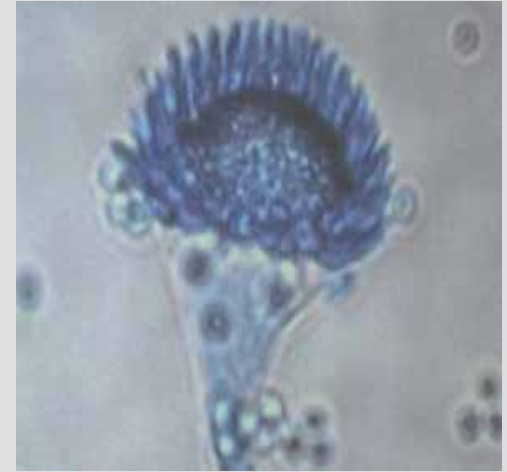
- sehr verbreiteter Lebensmittelverderber auf Getreide, Gemüse (Tomaten!), in Apfel-, Trauben- und Zitrussäften
- vielfältiger Materialzerstörer, wächst auch auf Kunststoffen
- kann Korke von Weinflaschen durchwachsen
- besitzt eine hohe lipolytische Aktivität
- extrem psychrothrophes Wachstum bis  $-10^{\circ}\text{C}$ ! möglich
- häufig im Innenraum vorkommend, führen neben anderen Schwärzepilzen wie z. B. Alternaria, Curvularia oder Ulocladium zu schwarzen Verfärbungen auf Mauerwerk und Einrichtungsgegenständen
- viele allergische Reaktionen gegen Schimmelpilze gehen auf diese Gattung zurück, obwohl Aspergillus und Alternaria die potenteren Allergene produzieren.



## Gattung **Aspergillus** (*Gießkannenschimmel*)

- auf Früchten, Gemüse, in Mehl, Nüssen, Marmelade und Brot vorkommend,
- wachsen aber auch auf Baumwollstoffen, Jute auf Holz, Papier und Tapeten.
- viele Arten sind Produzenten wichtiger Mykotoxine z. B. Aflatoxin, Fumagillin, Gliatoxin, Ochratoxin, Patulin
- besitzen ein sehr hohes allergenes Potential

blaugrüne Kolonien  
mit z.T filzartigem  
Mycel





## Weitere Vertreter der Gattung Aspergillus

### Aspergillus flavus

vorwiegend in wärmeren Klimazonen auf Getreide und in Nüssen (Erdnüsse, Pistazien, Paranüsse) vorkommend  
Bildung Aflatoxin B1, B2, G1 und G2  
Wachstum bei 42-45°C und aw-Wert von 0,78!

### A. fumigatus

Vorkommen in Getreide und Backwaren  
höchste pathogene Potenz von allen Aspergillus-Arten

### A. glaucus

Verderb von Lebensmittel mit geringem Wassergehalt,  
von stark Zuckerhaltigen Lebensmitteln  
Wachstum bei -8°C bis 43°C



## Gattung **Penicillium** (*Pinselschimmel*)



- zahlreiche Arten, von denen viele als Lebensmittelverderber gelten
- wachsen auf Obst (vor allem auf Zitrusfrüchten, Äpfeln und Pfirsichen), Brot, Käse, Mehl, Marmeladen und Fruchtsäften
- einige Penicillium Arten können Mykotoxine wie Roquefortin C, Patulin, Glykopeptide oder Citrinin produzieren

blaugrüne bis olivgrüne  
Kolonien, z. T. mit Verfärbung  
der Kolonieunterseite







## weitere Vertreter der Gattung *Penicillium*

### *Penicillium expansum*

Lagerpilz auf Obst,  
Bildung von Citrinin und Patulin  
Wachstum von  $-6^{\circ}\text{C}$  bis  $35^{\circ}\text{C}$

### *Penicillium italicum*

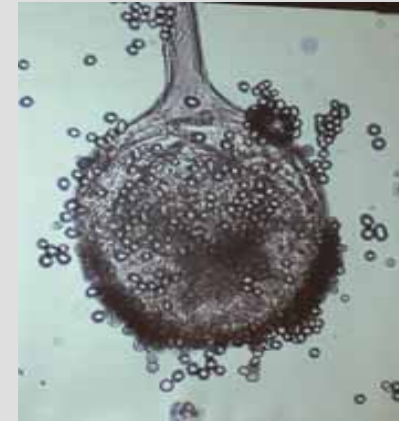
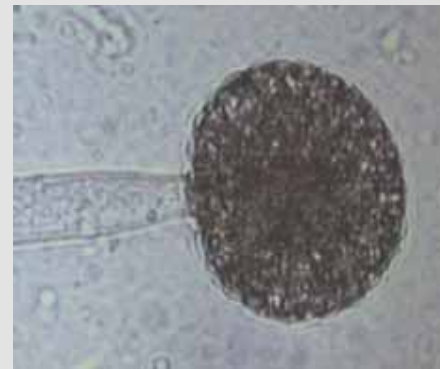
vor allem auf Zitrusfrüchten vorkommend

### *Penicillium verrucosum*

häufiger Lager- und Feldpilz auf Getreide  
sowie auf Erdnüssen und Gemüse  
bildet Ochratoxin A und Citrinin,



## Gattungen Mucor und Rhizopus



- weltweites Vorkommen
- zeichnen sich durch ein sehr rasches Wachstum aus
- besitzen eine breite Enzymausstattung
- wichtige Lebensmittelverderber, die häufig auf faulenden Früchten, in Gemüse und auf Getreide zu finden sind
- Temperaturoptimum liegt bei 37°C
- verursachen akute Pilzinfektionen (Mucor-Mykosen), die insbesondere bei immungeschwächten Personen tödlich verlaufen



## Verderbnisbilder verursacht durch Schimmelpilze bei Frischobst und -gemüse

### Braunfäule (Monilia, Sclerotinia-Fäule)

- hauptsächlich beim Kern- und Steinobst vorkommend
- Ursache sind Sclerotinia-Arten (früher als Monilia bezeichnet).
- Die Infektion erfolgt bereits auf dem Baum durch Insektenstiche und kleine Verletzungen durch Umwelteinflüsse.

erkrankte Gewebeteile sind weich, anfangs hell, später dunkelbraun.





## Grünfäule

- vor allem bei Kernobst und Apfelsinen vorkommend
- verursacht durch Penicillium (P.) - Arten,
- P. expansum befällt nur reife Äpfel, tritt also erst nach längerer Lagerung auf, ca. 50% der in der Natur vorkommenden Stämme bilden das Mycotoxin Patulin
- Früchte zeigen bereits bei geringem Befall einen unangenehmen Schimmelgeschmack
- Übertragung ist von Frucht zu Frucht oder auch durch Verpackungsmaterial, Wände und Decken möglich.

Beginnende Grünfäule  
am Apfel





- Bei Zitrusfrüchten wird die Grünfäule durch *P. italicum* (Blauschimmel) und *P. digitatum* (Grünschimmel) verursacht.
- vorkommende Schimmelpilzart ist abhängig von der Lagertemperatur  
*P. italicum* kann sich auch bei niedrigeren Temperaturen von 5-10°C durchsetzen.
- gefürchtetste Lagerkrankheit, wird durch Kontakt von Frucht zu Frucht übertragen
- Zitrusfrüchte werden deshalb nach der Ernte oftmals einer Hitzebehandlung unterzogen, um eine mögliche Kontamination mit *P. digitatum* oder *P. italicum* abzutöten.

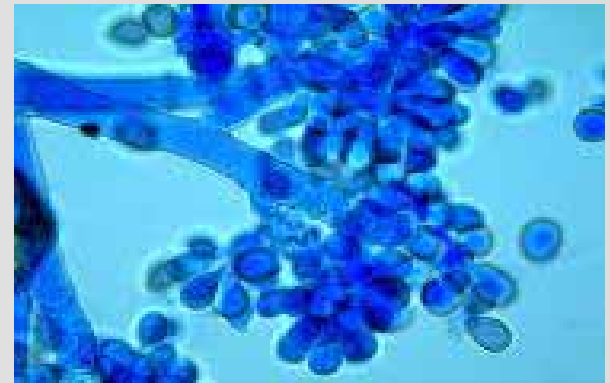


*Penicillium digitatum* „Geisterhand“



## Graufäule

- verursacht durch *Botrytis cinerea*
- insbesondere weiche Früchte und Gemüse mit hohem Wassergehalt wie Erdbeeren, Weintrauben, Kohl und Kopfsalat werden bevorzugt besiedelt
- der Schimmelpilz wächst meist sehr schnell und bedeckt innerhalb weniger Tage ganze Früchte oder Pflanzenteile.
- neben den reifen Früchten können auch halbreife und grüne Früchte bereits an der Pflanze befallen werden.
- besitzt ein sehr hohes allergenes Potential
- *Botrytis* wächst bei Temperaturen zwischen 5 und 35°C mit einem Optimum bei 22-25°C.





## Braun- oder Weissfäule (Sklerotinia-Fäule)

- durch *Sclerotinia sclerotiorum* hervorgerufen
- weitverbreitete Lagerkrankheit bei Möhren, Rüben und Sellerie
- befallenen Pflanzenteile erweichen und sind mit weißem, baumwollartigem Pilzmycel bedeckt
- das Mycel scheidet silbrig glänzende, kleine tauartige Wassertröpfchen aus und ist dichter als bei *Rhizopus*
- das Mycel kann auch in Holzwänden von Lagern wachsen und so das neue Lagergut ständig neu infizieren.





## Alternaria- oder Schwarzfäule

- durch verschiedene Alternaria-Arten hervorgerufen
- betroffen sind besonders Tomaten, Paprika, Karotten, Sellerie und Zwiebeln
- das Gemüse wird mit einem schmutzig-grauen, später schwarzen Mycel überzogen.







## Rhizopus-Nassfäule

- durch verschiedene Rhizopus-Arten verursacht
- charakteristisches weißes, wollig-wattiges Mycel überzieht mit kleinen schwarzen Punkten darin (Sporangien) das breiig-nassfaul erweichte Obst und Gemüse
- Pilz ist stark pektinolytisch, dringt aber hauptsächlich durch Verletzungen ins Gewebe.
- wird oft durch Fruchtfliegen verbreitet





## Maßnahmen zur Verhinderung des mikrobiellen Verderbs

- allgemeine Vorsichtsmaßnahmen bei der Ernte
- Kühlungslagerung  
Verzögerung der Reifeprozesse und die Infektionsanfälligkeit durch Herabsetzen der Temperatur
- Lagerung unter kontrollierter Atmosphäre  
Kombination aus Kühlung, Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Gehaltes und Absenkung des O<sub>2</sub>-Spiegels
- Pflanzenschutzmittel und Zusatzstoffe



## Bekämpfung der Graufäule

Forscher der Universität Freiburg entdeckten ein natürliches Abwehrmittel



Bakterien der Gattung *Cupriavidus*

Abbau eines Oxalsäure-Derivates, das von *Botrytis cinerea* abgesondert wird

Die Säure löst die Zellwände der befallenen Pflanze auf, und der Pilz kann seinen Wirt infizieren.

Der Lebensbereich des *Cupriavidus*-Bakteriums ist der Bereich um die Pflanzenwurzeln.



## Edelfäule durch *Botrytis cinera*

Weinbeeren schrumpfen rosinenartig ein und haben durch den Wasserverlust einen besonders hohen Zuckergehalt.

Aus diesen "edelfaulen" Beeren, die handverlesen werden, wird im Weinbau die sogenannte "**Trockenbeerenauslese**" hergestellt.

