

Acrylamid – Minimierungskonzepte bei Kartoffelprodukten

Norbert U. Haase

Bundeforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BFEL), 32756 Detmold

Tel. 05231-741 453; potato@bagkf.de

Die Belastung einiger Kartoffelprodukte mit Acrylamid ist neues Wissen eines langjährigen Sachverhaltes. Acrylamid selbst wirkt neurotoxisch, ist cancerogen und mutagen im Tierversuch. Entsprechend einer aktuellen FAO/WHO-Stellungnahme vom Februar diesen Jahres sollten deshalb trotz noch ausstehender toxikologischer Bewertung im Rahmen der Nahrungsaufnahme die Acrylamidgehalte nach dem ALARA-Prinzip (as low as reasonably achievable) möglichst rasch und möglichst tief abgesenkt werden, um jegliches Risikopotential zu minimieren.

Dazu beitragen können die Ergebnisse eines Drittmittelprojektes, das kurz vor dem Abschluß steht. Unter Bündelung verschiedener Fachkompetenzen wurde von mehreren Forschungsstellen unter Federführung des Bundes für Lebensmittelrecht (BLL) ein gemeinsames FEI/AiF-Projekt durchgeführt: Entwicklung von neuen Prozesstechniken zur Vermeidung des Acrylamid-Gehaltes in Lebensmitteln, Teilprojekt „Untersuchungen zur Minimierung von Acrylamid in Kartoffelerzeugnissen“ (FV-Nr. 108 ZBG/1; Laufzeit 2003 – 2005). Dabei haben sich für die Entwicklung entsprechender Minimierungsstrategien bei der Bildung von Acrylamid in Kartoffelprodukten folgende Lösungsansätze herauskristallisiert

- verbesserte Rohstoffnutzung
- Veränderung vorhandener Verfahrensschritte
- Entwicklung neuartiger Prozesstechniken.

Bei der großtechnischen Produktion von Kartoffelchips und Pommes frites kann man gegenwärtig eine Schwankung der Acrylamidgehalte sowohl im Tages- als auch im Jahresablauf feststellen (bei Pommes frites nach der verzehrsfertigen Zubereitung). Neben Ungleichmäßigkeiten in der eigentlichen Prozessführung zeichnet dabei insbesondere der Rohstoff verantwortlich. Aus diesem Grunde wurden von uns verschiedene Rohstoffaspekte betrachtet, um potentielle Ansatzpunkte für eine Acrylamid-Absenkung identifizieren zu können. Von den relevanten Acrylamid-Precursoren ist das Asparagin in hoher Konzentration vorhanden. So fanden wir Werte von 14 – 143 mmol Asparagin/kg TM. Die reduzierenden Zucker hingegen wiesen deutlich niedrigere Konzentrationen von 3 – 24 mmol/kg TM auf, so dass damit in allen untersuchten Fällen der limitierende Faktor in Form der reduzierenden Zucker gegeben war.

Die einzelne Kartoffelsorte zeigte erheblichen Einfluss, aber auch die Umwelteinflüsse des konkreten Anbauortes wirkten sich entsprechend aus. Abbildung 1 gibt dazu einen Überblick zu den zahlreichen Wechselwirkungen.

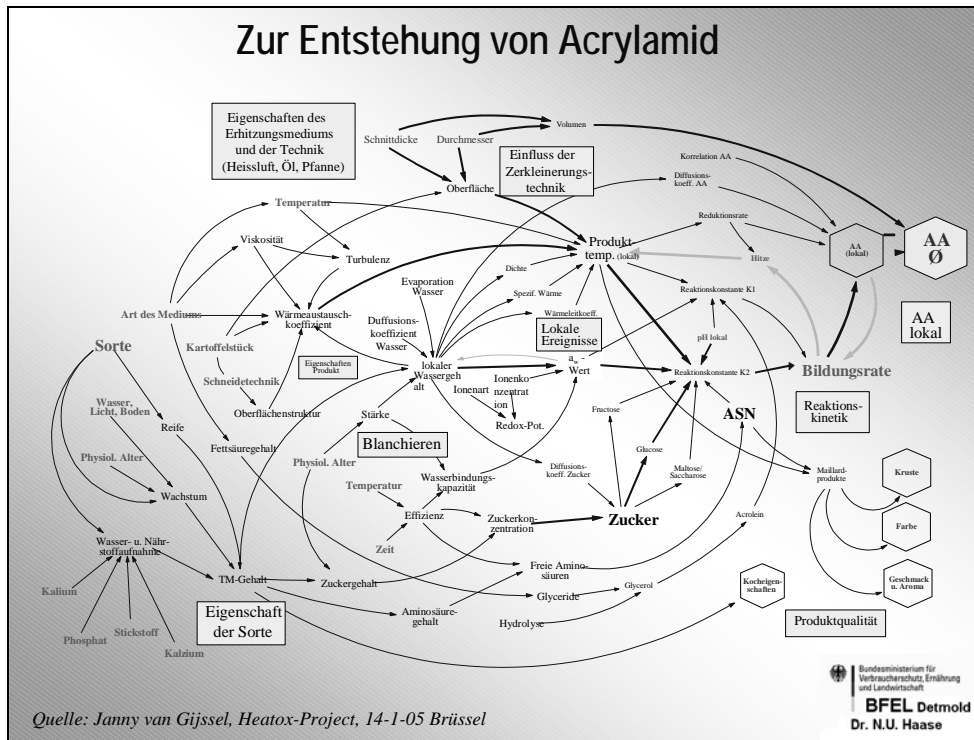


Abb. 1: Die Abhängigkeit der Acrylamidbildung von verschiedenen Faktoren

Gerade bei Kartoffeln ändert sich ab dem Erntezeitpunkt die stoffliche Zusammensetzung der Knolle permanent, so dass mit unterschiedlichen Bildungspotentialen für Acrylamid in Abhängigkeit vom Herstellungsdatum des Erzeugnisses gerechnet werden muss (Abbildung 2).

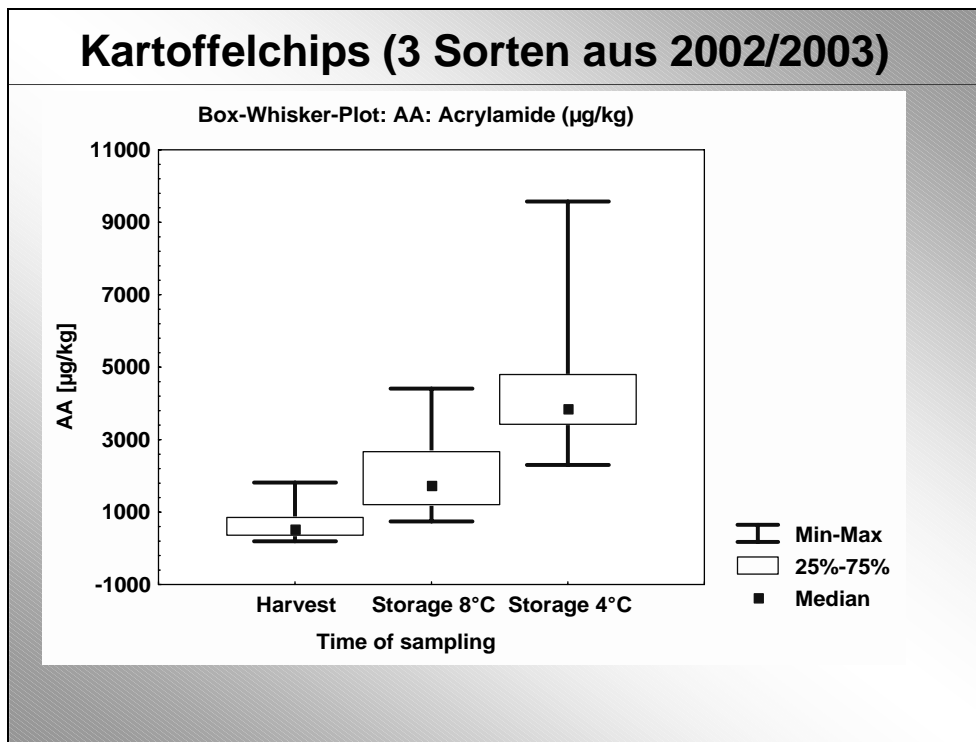


Abb. 2: Acrylamidbildung in Abhängigkeit vom Untersuchungszeitraum.

Eine deutliche Absenkung des Gehaltes an reduzierenden Zuckern im Rohstoff führte zu einer gleichsinnigen Veränderung des Acrylamid-Bildungspotentials. Neben einer optimierten Rohstoff-Auswahl (Sorte x Anbau) kam dabei aber auch der technologischen Prozessoptimierung Bedeutung zu. Denn es war grundsätzlich möglich, den Zuckergehalt durch entsprechendes Auslaugen (Wasserbad; Blancheur) abzusenken. Abbildung 3 zeigt dazu das Ergebnis eines entsprechenden Blanchiersversuches bei Kartoffelchips, wobei jeweils der Acrylamidgehalt der anschließend ausfrittierten Kartoffelchips (Frittiertemperatur 165°C) dargestellt ist.

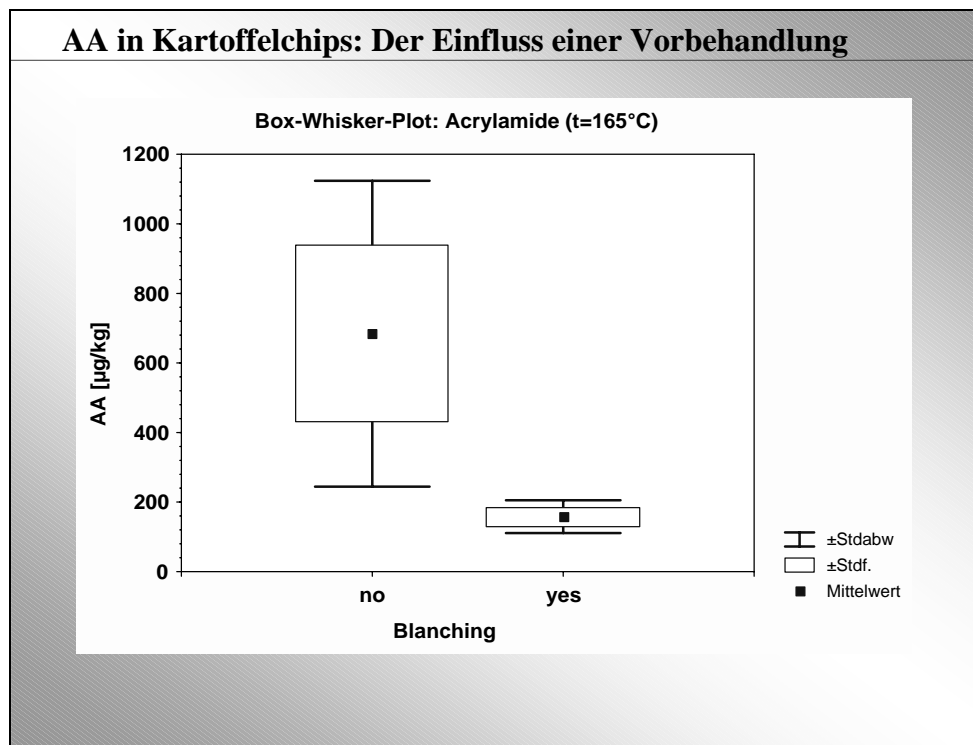


Abb. 3: Auswirkung eines Blanchierschrittes auf den Acrylamidgehalt in Kartoffelchips.

Entsprechend eindrucksvolle Veränderungen des Acrylamidgehaltes in verzehrfertigen Kartoffelerzeugnissen lassen sich auch bei Pommes frites erzielen, wobei natürlich die Endbereitung im Restaurant oder im Haushalt außerhalb einer direkten Einflussnahme liegt. Werden Pommes frites industriell vorfrittiert, erfolgt routinemäßig ein Blanchierschritt. Damit ist ein Auslaugungspotential bereits vorgegeben. In einem Versuch wurde der Frage nachgegangen, inwieweit eine Ausweitung dieses Auslaugungsvorganges positive Effekte auf den Acrylamidgehalt haben kann. In Abbildung 4 sind die entsprechenden Ergebnisse dargestellt, wobei jeweils ein Standard-Blanchierschritt mit einer nachgeschalteten Auslaugungsphase bei ca. 45°C gekoppelt wurde. Drei Sorten der Ernte 2004, angebaut an jeweils 3 Orten wurden für 5 Stunden ausgelaugt (Sorte A – C), während 2 Sorten für 45 min ausgelaugt wurden (Sorte D und E). Eine hohe Konzentration an reduzierenden Zuckern konnte bei der langen Auslaugungszeit deutlich reduziert werden. Waren die Gehalte an diesen Zuckern nicht allzu hoch (Sorte D und E) bewirkte das Auslaugen eine nur geringe Reduzierung des Zuckergehaltes. Deutlich wird an diesem Beispiel, dass trotz standardmäßiger Blanchierung erhebliche Zuckerkonzentrationen für die spätere Maillard-Reaktion vorhanden sein können. Für derartige Sorten bzw. Partien bietet sich eine Ausweitung der Auslaugung an, um das Potential einer späteren Acrylamidbildung möglichst gering zu halten.

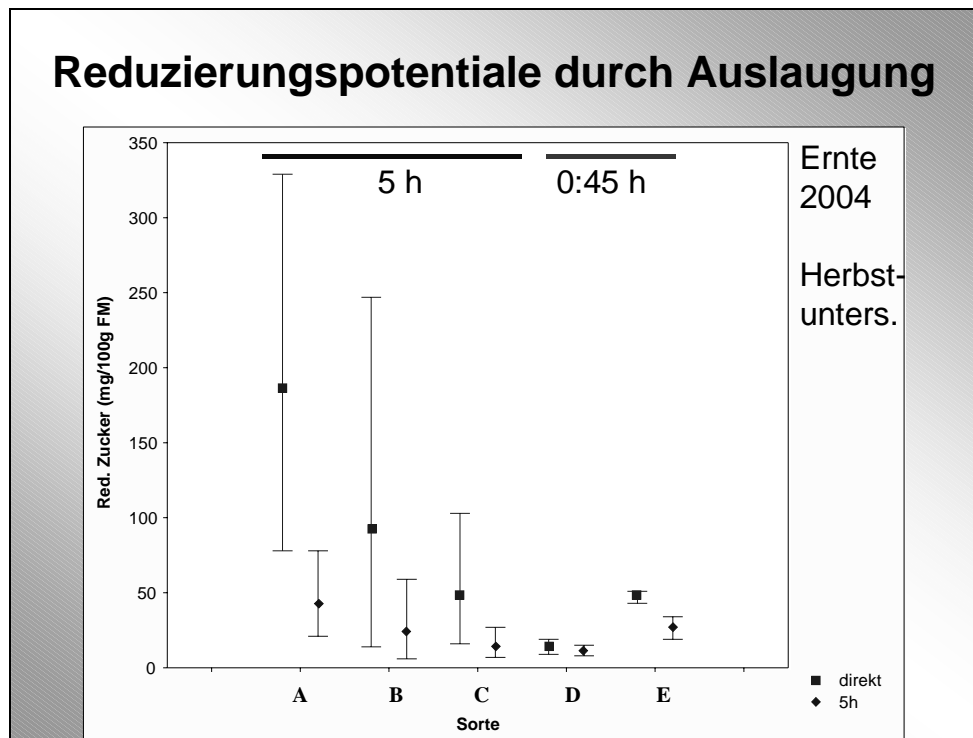


Abb. 4: Auswirkung einer zusätzlichen Auslaugungszeit von blanchierten Kartoffelstäbchen auf den jeweiligen Gehalt an reduzierenden Zuckern in 5 verschiedenen Sorten.

Industrielle Halbfertigerzeugnisse weisen – wie bereits weiter oben ausgeführt – sehr geringe Acrylamidgehalte aus. Anders sieht es bei Fertigerzeugnissen aus, die insbesondere dem Snacksektor zuzuordnen sind. In diesen Fällen hat die eigentliche Prozessführung erhebliche Bedeutung für die Ausbildung des Acrylamids, so dass für die heutigen Anlagenkonfigurationen und Erhitzungsprozesse Weiter- bzw. Neuentwicklungen erforderlich sind.

Bei Kartoffelchips stellte sich neben der Höhe der Frittiertemperatur die Frage nach der absoluten Wärmebelastung, die sich aus dem Produkt von Temperatur und Verweilzeit ergibt, da Kartoffelchips grundsätzlich weitgehend trocken sein müssen, da ansonsten die Knusprigkeit leidet. Früher wurde eine Restfeuchte von ca. 1% angestrebt, heute wird teilweise auch ein Wert von 2% akzeptiert. Höhere Endfeuchten als 4% bedingen andererseits auf jeden Fall eine Nachtrocknung. Die jeweiligen Acrylamidgehalte in den Kartoffelchips konnten mit steigender Produktfeuchte oftmals deutlich gesenkt werden. Allerdings muß dabei die absolute Wärmebelastung beachtet werden. In einer umfangreichen Versuchsreihe wurden dazu mit standardisierten Frittierbedingungen (= weitgehend konstante Wärmebelastung) Kartoffelchips aus unterschiedlichen Rohstoffquellen mit stark streuenden Trockenmassegehalten hergestellt. Eine Gegenüberstellung von Restfeuchte in den Kartoffelchips und dem jeweiligen Acrylamidgehalt zeigte keinen erkennbaren Zusammenhang auf (Abbildung 5). Damit wird deutlich, dass lediglich bei einem konkreten Rohstoff mit vorgegebenem Trockenmassegehalt eine verringerte Frittierzeit zu einer entsprechend höheren Restfeuchte und einem reduzierten Acrylamidgehalt führen kann.

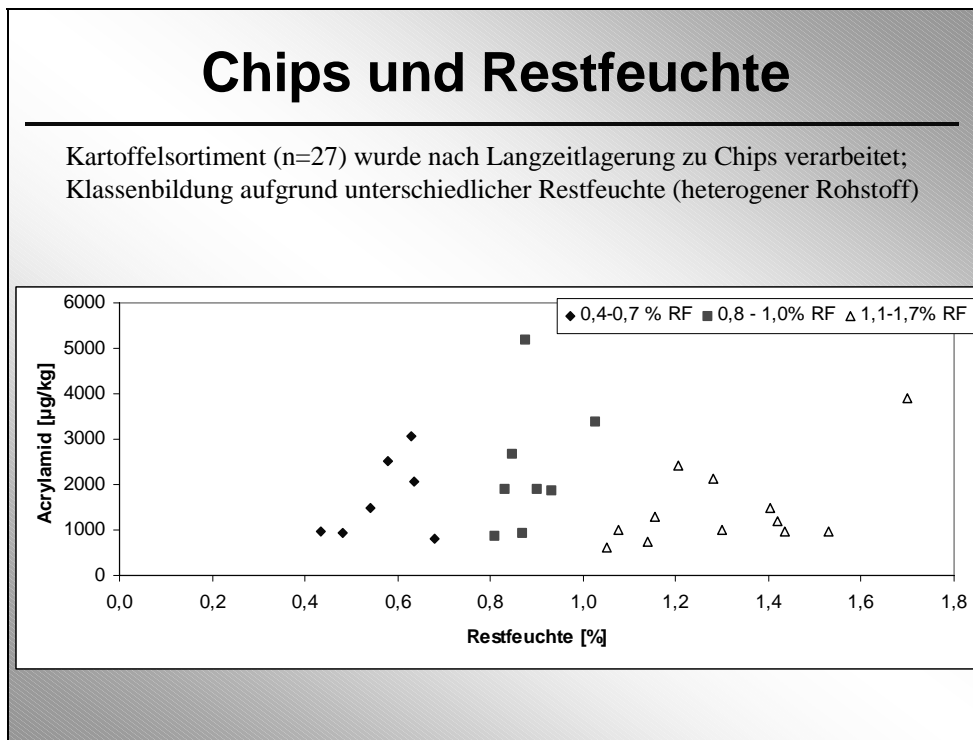


Abb. 5: Restfeuchte und Acrylamidgehalt in Kartoffelchips bei gleichbleibender Wärmebelastung.

Bei Erhöhung der Frittiertemperatur verkürzt sich die Frittierzeit, wenn eine bestimmte Restfeuchte im Produkt angestrebt wird. Der diesbezügliche Zusammenhang zwischen Temperatur-Zeit-Interaktion und Acrylamidgehalt im Produkt ist in Abbildung 6 dargestellt. Bei Erhöhung der Frittiertemperatur sinkt die Wärmebelastung, ausgedrückt als Temperatur-Zeit-Produkt, und gleichzeitig steigt der Acrylamidgehalt.

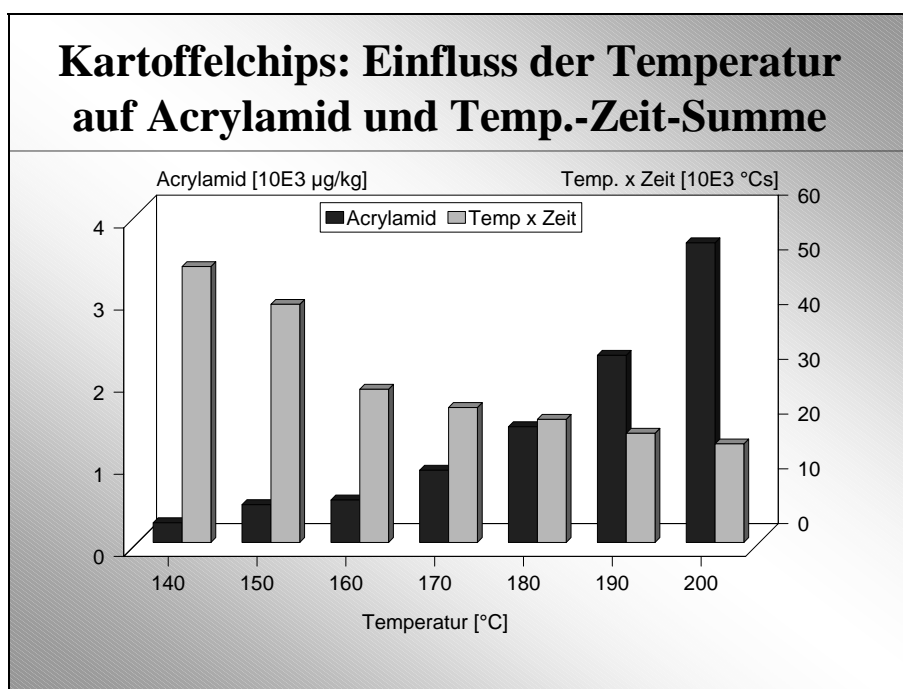


Abb. 6: Zusammenhang zwischen Frittiertemperatur, Wärmebelastung und Acrylamidgehalt.

Moderate Frittiertemperaturen führen somit zu niedrigen bis mittleren Acrylamidgehalten, wobei jedoch der Zustand des Rohstoffes zu berücksichtigen ist. Gerade bei gelagerten Kartoffeln ist die Precursor-Konzentration erhöht, so dass auch erhöhte Acrylamidwerte zu erwarten sind. Ob eine weitere Absenkung der Acrylamidwerte möglich ist, wurde anhand einer zweistufigen Frittierung untersucht, wobei zunächst bei 170°C frittiert wurde, ehe dann bei reduzierter Temperatur bis zur angestrebten Restfeuchte ausfrittiert wurde. Die Ergebnisse dieses Versuches sind in Abbildung 7 dargestellt. Ausgehend von der Kontrolle wurde zum einen nach 90 s die Frittierung beendet, während zum anderen bei reduzierter Temperatur ausfrittiert wurde. Das Frittierende wurde visuell ermittelt (keine größere Blasenbildung im Öl). Die deutlichste Absenkung des Acrylamidgehaltes konnte bei der größten Temperaturdifferenz beobachtet werden. Allerdings war der Fettgehalt im Produkt gegenüber der Kontrolle deutlich erhöht.

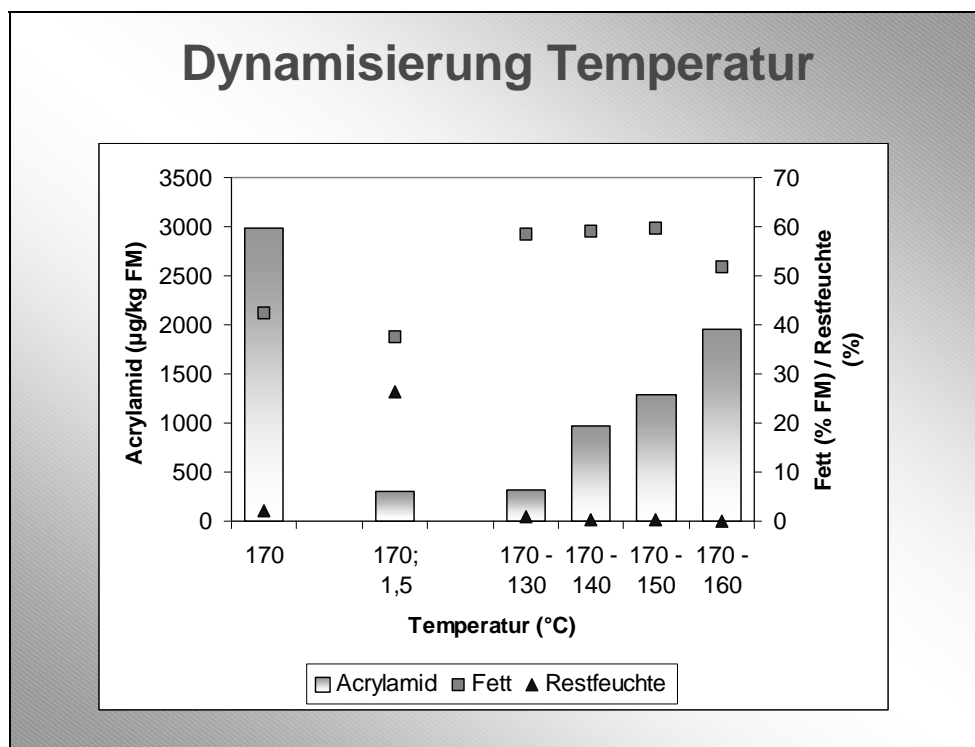


Abb. 7: Acrylamid- und Fettgehalt in Kartoffelchips in Abhängigkeit von Temperaturgradienten.

Nach Verlassen der Fritteuse sind die Kartoffeln noch für einen kurzen Zeitraum so heiß, dass die Reaktionskinetik für Acrylamid weiterhin gegeben ist. Daher wurde untersucht, ob durch eine beschleunigte Abkühlung eine Verminderung des Acrylamidgehaltes erreicht werden kann. Dazu wurden die Kartoffelscheiben unmittelbar nach Verlassen der Fritteuse mit flüssigem Stickstoff (-196°C) abgekühlt. Eine signifikante Verminderung des Acrylamidgehaltes konnte jedoch nicht beobachtet werden.

Eine Temperaturabsenkung führte zu geringeren Acrylamidgehalten. Jedoch kam es zu einem Anstieg des Fettgehaltes. Aus diesem Grunde wurde untersucht, wie sich eine Temperaturabsenkung im Unterdruckbereich auswirken würde, wobei der Siedepunkt des Wassers abgesenkt wird. Im einzelnen wurden verschiedene Versuchsansätze verfolgt, wobei ein erster Frittierschritt jedoch unter Raumatmosphäre statt fand. Anschließend wurden die teilfrittierten Kartoffelscheiben mit einer Restfeuchte von 5 – 10% in eine Pilotanlage der Firma Florigo B.V., Niederlande, verbracht und bei unterschiedlichen Partialdrücken fertig

frittiert (Abbildung 8). Im Vergleich zur Kontrolle (Frittierung unter Normaldruck) gab es bei allen Varianten eine drastische Reduzierung des Acrylamidgehaltes. In Abhängigkeit von der Wahl der Prozessbedingungen konnten zudem sonstige qualitative Ergebnisse erzielt werden, die durchaus mit denjenigen der Kontrolle vergleichbar waren.

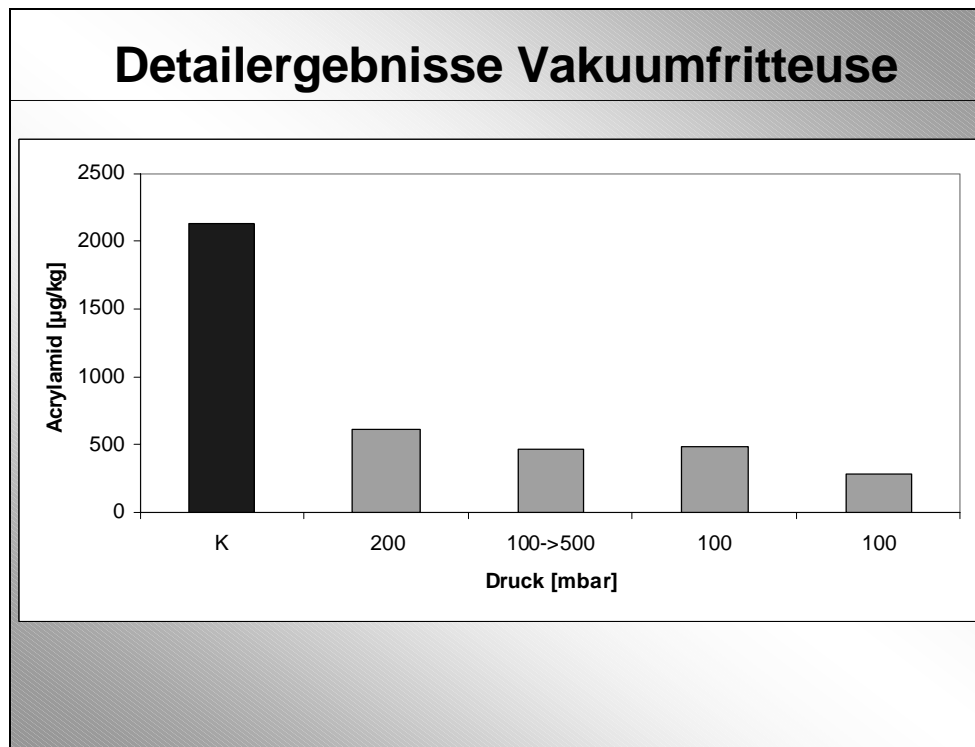


Abb. 8: Acrylamidgehalte in Kartoffelchips nach Vakuum-Frittierung (K = Kontrolle; 100 mbar rechts: Variante mit höherer Restfeuchte aus der offenen Fritteuse).

Einem Hinweis aus der Literatur folgend wurde das Blanchieren mit einer Salzzugabe kombiniert. In einzelnen wurden Calciumchlorid und Calciumsulfat mit unterschiedlichen Salzkonzentrationen (bis max. 1% Salz) eingesetzt. Im Nachgang zum Blanchieren wurde zudem teilweise ein Nachwäscher eingesetzt, um die verkleisterte Stärke sowie die restlichen freigesetzten Zucker entfernen zu können (Abbildung 9). Die Kontrolle ohne Blanchieren-Einsatz wies erwartungsgemäß den höchsten Acrylamidgehalt auf. Das Blanchieren selbst zeigte die bereits weiter oben diskutierte Wirkung, wobei ein Nachwaschen die Werte weiter reduzierte. Bei der Verwendung von Calciumchlorid trat ab einer Salzkonzentration von mehr als 0,2% eine Acrylamidwirkung auf, wobei eine gleichzeitig einsetzende negative Geschmacksentwicklung (bittere Geschmackskomponente) dem positiven Effekt der Acrylamidreduzierung entgegenlief. Offensichtlich kann hier nur ein sehr schmaler Grad der Salzkonzentration beschränkt werden. Calciumsulfat zeigte keine entsprechende Wirkung. Der Gehalt an reduzierenden Zuckern war ebenfalls nicht beeinflusst, wenn man einmal von der generellen Auswirkung eines Blanchierschrittes absieht.

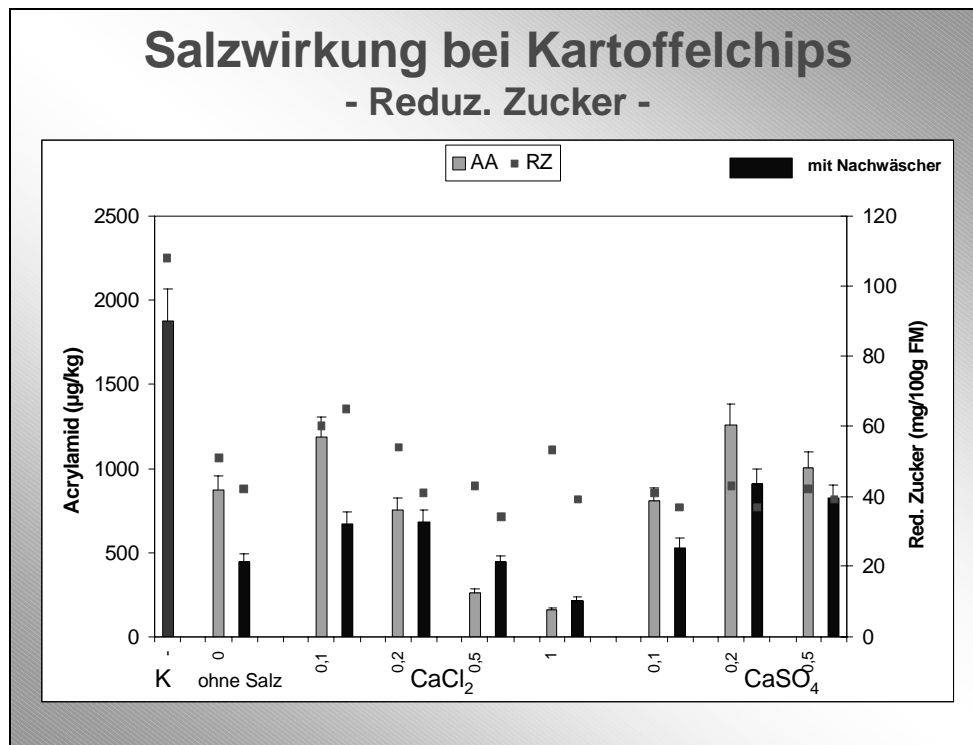


Abb. 9: Auswirkung einer Salzzugabe (Calciumchlorid und Calciumsulfat) zum Blanchierwasser auf den Acrylamidgehalt.

Eine Minimierung der Acrylamidbildung in Kartoffelchips ist somit sowohl über den Rohstoff als auch über die Prozesstechnologie realisierbar. Eine sinnvolle Kombination mehrerer Einflussgrößen dürfte dabei den größten Erfolg haben, wobei aber nach Möglichkeit keine allzu deutliche Veränderung der organoleptischen Produktqualität auftreten sollte, um nicht begründete Verbrauchererwartungen enttäuschen zu müssen.

Bei Pommes frites kommt es, wie bereits ausgeführt, zur eigentlichen Acrylamidbildung erst bei der verzehrfertigen Zubereitung. Somit ist eine entsprechende Aufklärung der Gastronomie und der Verbraucher erforderlich (siehe aid-Faltblatt Acrylamid <http://www.was-wir-essen.de/download/acrylamid.pdf>). Dennoch kann – so zeigen unsere Versuchsergebnisse – auch bei der industriellen Halfabrikation das Bildungspotential für Acrylamid herabgesetzt werden (Stichwort Zuckerauslaugung). Der Verbraucher hat es schließlich in der Hand, durch seine Wahl des Halberzeugnisses (Fritteusen- vs. Backofenware; Normal- oder Grobschnitt vs. Feinschnitt) das Risiko einzudämmen. Die Eigenherstellung von Pommes frites im Haushalt ist insbesondere bei Lagerkartoffeln als problematisch anzusehen, da Speisekartoffeln kalt gelagert werden und damit ein hohes Acrylamid-Bildungspotential aufbauen (Stichwort Zuckeranreicherung).

Zusammenfassend sei noch einmal auf die vielfältigen Möglichkeiten zur Acrylamid-Reduzierung hingewiesen, die bei entsprechend geschickter Kombination wohlschmeckende und ansprechende Kartoffelerzeugnisse garantieren und gleichzeitig die Tagesexposition gegenüber Acrylamid signifikant reduzieren (Abbildung 10).

Abzuleitende Empfehlungen für die Praxis

- **Optimierung Rohstoff-Auswahl (Sorte x Anbau)**
- **Optimierung Lagerung zur Vermeidung von hot spots**
- **Pommes: Zubereitungsempfehlungen/Fritteusenopt.**
- **Chips:**
 - **Reduktion Vorstufen (Auslaugung/Wässerung)**
 - **Fritteusenoptimierung**
 - **Temp., Temp.-Gradient**
 - **Steuerung der Verweilzeit**
 - **Restfeuchte**
 - **Vakuumfritteuse in Verbindung mit offener Fritteuse**

Abb. 10: Empfehlungen zur Acrylamid-Reduzierung bei Kartoffelerzeugnisse.

Daraus ableitbare technologische Ansätze für eine optimierte Produktion sind in Abbildung 11 zusammengefasst.

Ansatzpunkte für technologische Maßnahmen

- **Meß- und Regeltechnik**
 - **verbesserte Kontrolle der Anbauparameter**
 - **Optimierung Rohstoff-Auswahl (Wareneingang)**
 - **Messtechnik in der Produktion (Temp.-Zeit)**
 - **Entfernung Hotspots aus Produkt**
- **Verfahrenstechnik**
 - **Vorbehandlung (Blanchieren)**
 - **Erhitzung (offen – geschlossen)**
 - **Halbprodukte: Zubereitung**

Abb. 11: Ansatzpunkte für technologische Maßnahmen zur Acrylamid-Reduzierung in Kartoffelerzeugnissen.