

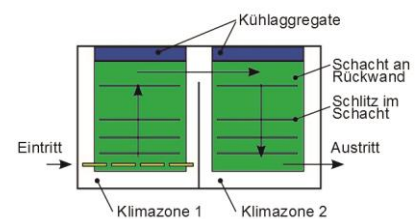
## Thermische Analyse von Schokolade im Kühlkanal

Die Herstellung von Schokolade ist eine alte Kunst und beruht auf langjähriger Erfahrung, Tradition und Geheimnissen. Nicht nur die Rohstoffe, sondern vor allem auch der Prozess der Schokoladenherstellung sind entscheidend für die Qualität. Das Abkühlen der Schokolade bildet den letzten Schritt in der Produktionskette. Die flüssige Schokolade wird dazu in Kunststoffformen gefüllt, die dann einen Kühlkanal passieren und mit kühler Luft umströmt werden. Dabei vollzieht sich ein komplexer Kristallisationsprozess, nach dessen Abschluss die Schokolade fest und bereit für den Verzehr ist. Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wird dieser Abkühlprozess der Schokolade untersucht. Die Wärme-flüsse an der Kunststoffform wurden theoretisch bestimmt und mittels Energiebilanzierung zu einem Modell zusammengefasst. Dabei stellte sich der Wärmeübergangskoeffizient von Schokolade an die Umgebungsluft als wesentliche Einflussgrösse heraus. Dieser Wert lässt sich durch gängige Methoden zur Abschätzung nur sehr ungenau bestimmen und es sind in der Literatur keine diesbezüglichen Werte zu finden. Daraus ergab sich die Notwendigkeit, den Wärmeübergangskoeffizienten mittels Messungen selbst zu bestimmen. Dazu wurden eine Messmethode und das dazugehörige Equipment entwickelt und realisiert. Für die Messungen wurden zwei Kunststoffformen präpariert und mit der notwendigen Messtechnik bestückt. Es wurden die theoretischen Grundlagen der Messtechnik für Temperaturmessungen recherchiert und darauf basierend geeignete Messgeräte und Sensoren ausgesucht. Weiter wurden einfache Temperaturmessungen an verschiedenen Stellen in der Schokolade, der Kunststoffform und der Umgebungsluft durchgeführt. Daraus konnten bislang unbekannte Erkenntnisse über den Kühlkanal gewonnen werden. Die Strömungsverhältnisse und damit die Kühlung unterscheiden sich je nach Stelle auf der Kunststoffform, aber auch je nach Position der Kunststoffform im Kühlkanal. Es ist somit keine gleichmässige Kühlung gewährleistet. Messungen in der Schokolade zeigten eine klare Abkühlcharakteristik, wobei der Zeitraum des Kristallisationsvorganges deutlich erkennbar ist. Die durch Erfahrung bestimmte notwendige Kühldauer wird damit mittels Messdaten bestätigt.

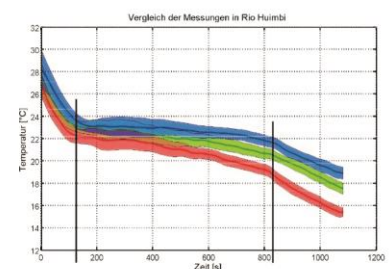


Diplomierende  
Pascal Fahrni  
Yvonne Werner

Dozent  
Thomas Hocker



Die Abbildung zeigt schematisch den Aufbau des Kühlkanals. Von der Rückwand strömt die kühle Luft durch Schlitze in den Kühlkanal hinein. Die Schlitze sind in der Höhe nicht regelmässig angeordnet und deshalb herrschen unterschiedliche Strömungen.



Die Abbildung zeigt die Temperaturen in der Schokolade während drei Messungen. Dauer der Kristallisation der Kakaobutter ist deutlich zu erkennen und verläuft fast durch die ganze Verweilzeit im Kühlkanal.