

# Leitfaden Energieeffizienz in der Süßwarenindustrie

Stand: 2. Oktober 2009

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung .....	2
2. Zweck und Geltungsbereich .....	2
3. Energiebedarf bei der Herstellung von Süßwaren und allgemeine Handlungsempfehlung .....	2
3.1. Energiebedarf bei der Herstellung von Süßwaren .....	2
3.2. Energieeffizienz als Teil der Nachhaltigkeit in der Produktion .....	4
3.3. Handlungsempfehlung zur Verbesserung der Energieeffizienz .....	4
4. Energieeffizienz – Vorschläge zur günstigen Gestaltung von Prozessen und Produktionsanlagen .....	6
4.1. Werksinfrastruktur .....	6
4.2. Schokoladenherstellung .....	7
4.3. Schokoladenverarbeitung .....	8
4.4. Zuckerwarenherstellung und -verarbeitung .....	9
5. Energie- und Ressourceneffizienz bei der Planung und Realisierung von Neuanlagen .....	11
6. Haftungsausschluss .....	11
7. Zusammenfassung/Ausblick .....	11
8. Literatur .....	12

# 1. Einleitung

Die Süßwarenindustrie ist mit einem Umsatzvolumen von 13,9 Mrd. Euro und 53.600 Beschäftigten (2008) einer der bedeutenden Wirtschaftszweige Deutschlands.

Die Themen „Energieeffizienz“ und „Nachhaltigkeit“ haben in den vergangenen Jahren in der öffentlichen Diskussion und somit auch im Bereich der Süßwarenindustrie und der Hersteller von Süßwarenmaschinen zunehmende Aufmerksamkeit bekommen. Der vorliegende Leitfaden betrachtet die Prozesse dieses Industriebereiches und gibt Orientierung auf dem Weg zu einer nachhaltigen Produktion.

Ein Schwerpunkt für die Süßwarenindustrie ist die Erhöhung der Energieeffizienz. Konkret bedeutet dies, alle Prozess- oder Arbeitsschritte in der Fertigung und Logistik mit einem Minimum an Energie zu realisieren.

Höhere Energieeffizienz reduziert den Ressourcenbedarf, senkt die Kosten und verbessert damit die Konkurrenzfähigkeit der Unternehmen im nationalen sowie internationalen Wettbewerb. Das trägt zu einer direkten Entlastung der Umwelt bei und führt zu einem Imagegewinn der Unternehmen sowie der gesamten Branche.

Der Begriff der „nachhaltigen Produktion“ führt zu einer erweiterten Betrachtung der Thematik. Es geht dabei nicht nur um den Energieverbrauch sondern generell um einen bewussten Umgang mit allen in der Produktion eingesetzten Ressourcen. Der Anspruch besteht heute darin, dass eine über Generationen dauerhafte und damit nachhaltige Bewirtschaftung sichergestellt wird.

Für die Hersteller von Maschinen und Anlagen für die Süßwarenindustrie bieten diese Themen die Möglichkeit, ihre Leistungsfähigkeit und Innovationskraft unter Beweis zu stellen. In der Zusammenarbeit von Süßwarenherstellern und Ausrüstungslieferanten gewinnen die Energieeffizienz und die Nachhaltigkeit zunehmend an Bedeutung.

# 2. Zweck und Geltungsbereich

Zweck des Leitfadens ist es, den Süßwarenherstellern sowie den Lieferanten von Maschinen und Anlagen Empfehlungen und Hinweise zur Verbesserung der Energieeffizienz von bestehenden Produktionseinrichtungen oder neu zu planenden und zu realisierenden Anlagen zu geben.

Der Leitfaden soll in kompakter und verständlicher Form

1. das Bewusstsein schaffen, dass jede Fertigung einen Beitrag zur energieeffizienten und nachhaltigen Produktion leisten kann,
2. kommunizieren, dass es im Bereich der Süßwarenproduktion viele gute Lösungen und Ideen zur Erhöhung der Energieeffizienz gibt und
3. dazu anregen, diese Chancen zu nutzen und die eigenen Prozesse nachhaltig zu optimieren.

Die Beispiele und Hinweise orientieren sich an Erfahrungen aus der Praxis und zielen auf eine einfache und schnelle Umsetzung ab. Sie entbinden aber weder die Süßwarenhersteller noch deren Lieferanten von der Beachtung und Einhaltung geltender Gesetze und Vorschriften. Im Einzelfall können Maßnahmen erforderlich und sinnvoll werden, die über den Umfang dieser Empfehlungen hinausgehen. Der Leitfaden wurde auf Grundlage des aktuellen Standes der Technik erarbeitet.

# 3. Energiebedarf bei der Herstellung von Süßwaren und allgemeine Handlungsempfehlung

## 3.1. Energiebedarf bei der Herstellung von Süßwaren

Die Herstellung von Süßwaren umfasst die geeignete Anwendung von verfahrenstechnischen und verarbeitungstechnischen Operationen innerhalb eines

<sup>1</sup> Statistisches Bundesamt; 3. Juli 2009

Verfahrensgruppe	Verfahren	Einschätzung des spezifischen Energieaufwandes	Anwendungshäufigkeit		
			Teilbereich Schokolade	Teilbereich Zuckerwaren	Teilbereich Feine Backwaren
Mechanische Verfahrensstufen	Zerkleinern (Kugelmühle, Walzenzerkleinerung)	+++	+++	+	+
	Conchieren	++	+++		
	Mischen	+	+	++	+++
	Fördern von Stückgütern	+	++	++	++
	Fördern pneumatisch	++	+	++	++
	Fördern von Flüssigkeiten (Pumpen)	+	++	+++	+
	Trennen	+	+	+	
Thermische Verfahrensstufen	Eindampfen	+++		+++	+
	Kochen	++			+
	Trocknen	+++		++	++
	Backen	++			+++
	Rösten	++	+		
	Schmelzen	+	+	+	+
	Temperieren	++	+++	+	
	Kristallisieren	++	+++	++	
	Kühlen	++	+++	++	++

Übersicht 1: Bewertung des spezifischen Energieaufwandes und der Häufigkeit der Anwendung ausgewählter mechanischer und thermischer Verfahrensstufen in der Süßwarenfertigung (+++ hoch/++ mittel /+ gering)

Energieträger	Gruppe 1582 Herstellung von Dauerbackwaren		Gruppe 1584 Herstellung von Süßwaren	
	Verbrauch GJ/a	Prozent	Verbrauch GJ/a	Prozent
Heizöl, leicht	115 125	2,7 %	421 365	4,3 %
Flüssiggas	73 143	1,7 %	14 849	0,2 %
Erdgas, Erdölgas	2 486 900	57,3 %	5 565 480	57,0 %
Biogene Stoffe	-		-	
Fernwärme	7 519	0,2 %	193 355	2,0 %
Strom	1 655 751	38,1 %	3 562 682	36,5 %
<b>Gesamt</b>	<b>4 338 438</b>	<b>100,0 %</b>	<b>9 757 731</b>	<b>100,0 %</b>

Übersicht 2: Energieverbrauch ausgewählter Branchen der Ernährungsindustrie 2007<sup>1</sup>

komplexen Produktionssystem. Die Kombination der einzelnen Verarbeitungsschritte erfolgt produktabhängig in unterschiedlicher Art und Weise. Bei einer herausgelösten Betrachtung der Verarbeitungsschritte lässt sich der spezifische Energiebedarf qualitativ gemäß Übersicht 1 darstellen. Neben der Betrachtung der Höhe des spezifischen Energieaufwandes ist zusätzlich die Häufigkeit der Anwendung eines Verarbeitungs- bzw. Verfahrensschrittes innerhalb einer Produktionstechnologie wichtig.

In Übersicht 2 wird der Energieverbrauch nach Energieträgern für die Branchen Dauerbackwaren und Süßwaren dargestellt. Die wichtigsten Energieträger sind Erdgas mit einem prozentualen Anteil von ca. 57 % und elektrischer Strom mit einem Anteil von 36 ... 38 %.

Daraus leitet sich ab, dass der überwiegende Teil des Energieverbrauches für thermische Prozesse aufgewendet wird. Der Betrachtung und Optimierung thermischer Prozesse kommt somit ein besonderer Stellenwert zu.

## 3.2. Energieeffizienz als Teil der Nachhaltigkeit in der Produktion<sup>2</sup>

Verschwendung jeder Art, ob bei der Herstellung, durch Ausschuss, durch Überproduktion, durch unnötige interne Lagerhaltung oder Transportwege, bedeutet zusätzlichen Aufwand an Material, Fläche, Personal und Energie<sup>3</sup>. Die kontinuierliche Verbesserung der Produktion unter Berücksichtigung dieser Aspekte trägt zugleich zu einer höheren Ressourceneffizienz und zu einer nachhaltigeren Produktion bei (Abbildung 1).

Die Steuerung der Produktion mit dem Ziel der Minimierung des Energie- und Ressourcenverbrauches durch intelligentes Steuern des Gesamtsystems einer Fabrik, der Optimierung der Maschinen- und Anlagenbelegung, der Nutzung von sinnvoll installierten Speichern unter Nutzung von Tag/Nacht-Effekten usw. wird in den kommenden Jahren zunehmend Bedeutung erlangen. Ein bekanntes Beispiel ist heute

bereits die intelligente Steuerung von Elektroenergieverbrauchern in größeren Fabriknetzen mit der Zielsetzung der Minimierung der Lastspitzen. Voraussetzung für derartige Steuerstrategien ist die Kenntnis der Verbraucher und ihres Zusammenwirkens. Das erfordert den Aufbau eines umfassenden Fabrik-Energiemanagementsystems, welches sowohl die Erfassung aller relevanten Energie- und Stoffströme der Werksinfrastruktur als auch der Herstellprozesse beinhaltet. Somit ist eine deutliche Erweiterung gegenüber bisherigen Energiemanagementkonzepten notwendig.

## 3.3. Handlungsempfehlung zur Verbesserung der Energieeffizienz

Basis für die Verbesserung der Energie- und Ressourceneffizienz ist zunächst, Kenntnis darüber zu erlangen, wie groß der vermeidbare Anteil an Verlusten bzw. die interne Verschwendung ist. Dies muss durch eine systematische Analyse des jeweiligen Prozesses erfolgen. Neben der notwendigen Erfassung und Auswertung der Ist-Verbräuche an Hand von Messungen hat es sich als besonders wichtig erwiesen, den theoretischen Bedarf für die jeweilige Verfahrensoperation zu kennen. So wird das jeweilige theoretische Verbesserungspotenzial offenkundig. Parallel dazu sollten im Sinne eines aktiven Benchmarkings Daten gestellt werden, die den aktuellen Stand der Technik repräsentieren. Abbildung 2 zeigt das damit verbundene schrittweise Analysieren des Prozesses und die Ableitung von Handlungsschritten als allgemeines methodisches Vorgehen zur Optimierung thermischer Prozesse.

<sup>2</sup> Junge, M.: Simulationsgestützte Entwicklung und Optimierung einer energieeffizienten Produktionssteuerung; 2007, kassel university press GmbH, Kassel

<sup>3</sup> Takeda, H.: Das synchrone Produktionssystem: just in time für das ganze Unternehmen; dt. Übers. A. Meynert. 2. überarbeitete Auflage – Landsberg: Verlag Moderne Industrie 1999, S. 154...158

<sup>4</sup> Bretschneider, U.: Optimierung thermischer Prozesse in der Süßwarenindustrie durch strukturierte Prozessanalyse; Vortrag 23.4.2008; Hannover Messe

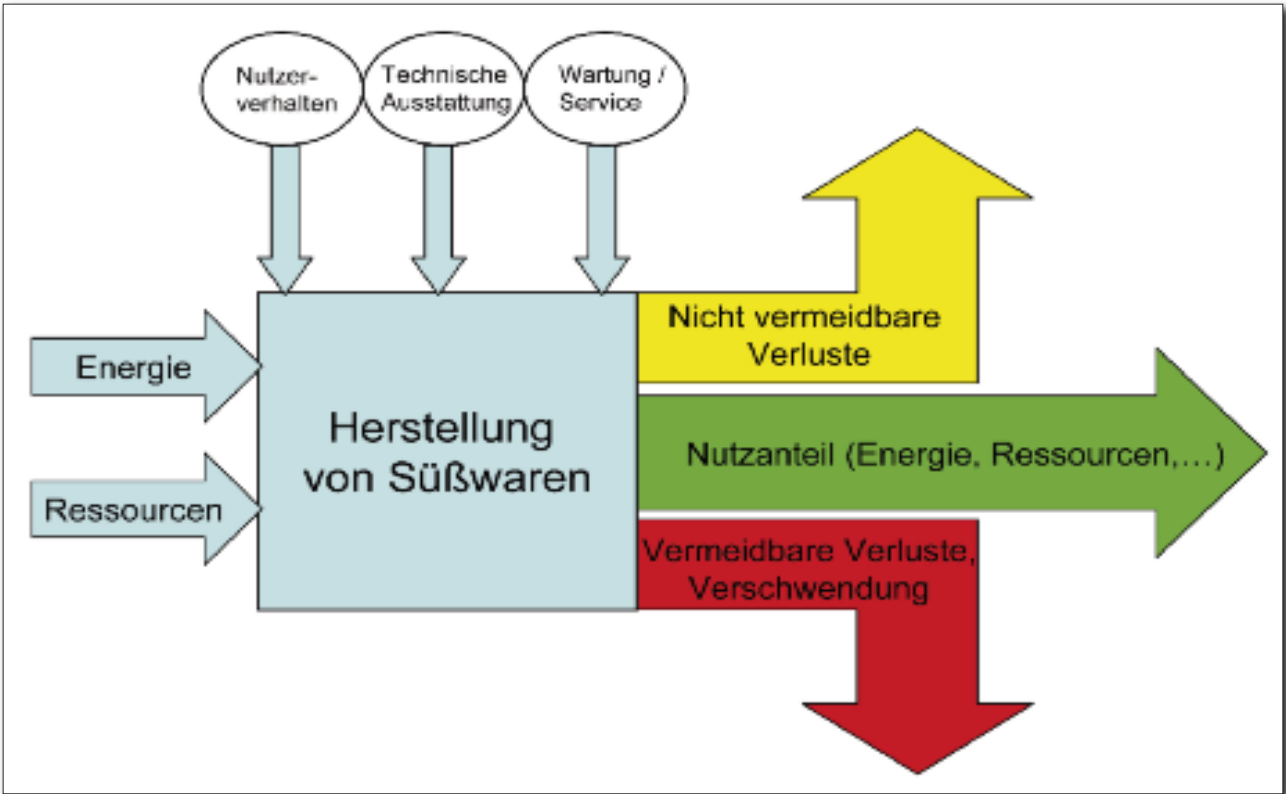


Abbildung 1: Allgemeine Betrachtung von Prozessen und ihrer Beeinflussungsfaktoren im betrieblichen Leistungsprozess

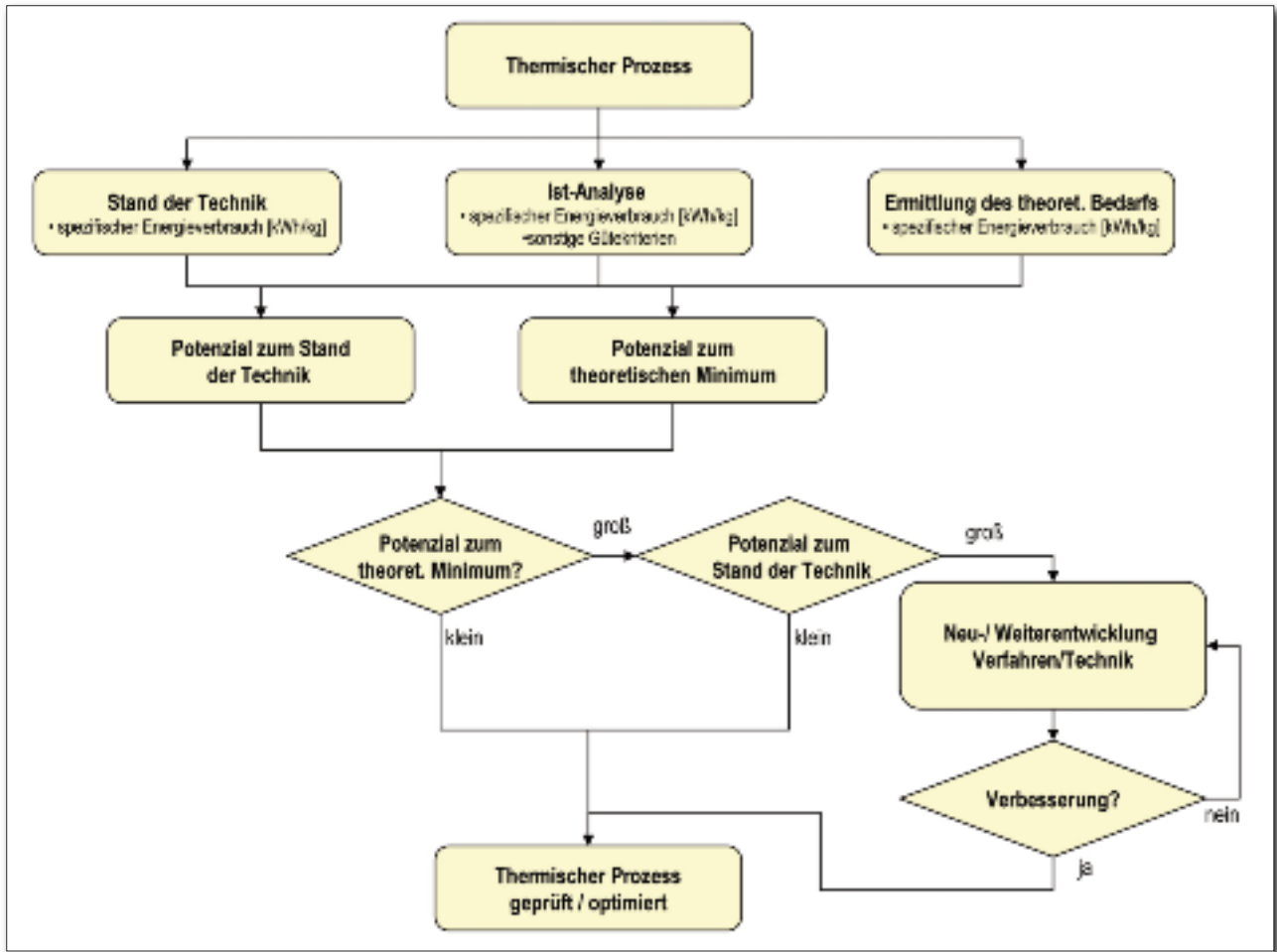


Abbildung 2: Strukturierte Analyse von thermischen Prozessen<sup>4</sup>

## 4. Energieeffizienz – Vorschläge zur günstigen Gestaltung von Prozessen und Produktionsanlagen

Im Rahmen dieses Leitfadens werden folgende Teilbereiche der Süßwarenherstellung betrachtet:

- Werksinfrastruktur
- Kakaoverarbeitung
- Schokoladenmassenherstellung und -verarbeitung
- Zuckerwarenherstellung

### 4.1. Werksinfrastruktur

Die Süßwarenindustrie zeichnet sich dadurch aus, dass Kälte- und Wärmeerzeugung zeitgleich im Prozess erforderlich sind. Dies gibt die grundsätzliche Chance, durch den kombinierten Einsatz von BHKW und Absorptionskälteanlagen einen hohen Wirkungsgrad zu erreichen.

Position	Bereich	Betrachtungsbereich	Vorschläge zur günstigen Gestaltung	
1	Gebäude	Raum-/Flächennutzung	- Der Energieverbrauch eines Fabrikgebäudes ist vom umbauten Raum abhängig, deshalb: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klare Trennung von Warm- und Kaltzonen (Trennwände und Schleusen)</li> <li>• Verdichtung der Prozesse</li> <li>• Ungenutzte Bereiche energetisch abkoppeln</li> </ul>	
2	Technische Infrastruktur	Medien allgemein	- Heißwassernetz anstatt Dampfnetz, wenn möglich - Regelmäßige Prüfung der Netze <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurze Versorgungswege/hydraulische Optimierung</li> <li>• Netzgröße minimieren</li> <li>• Netze auf Kurzschlüsse untersuchen</li> </ul> - Isolierung der Installation (außer Druckluft)	
3		Druckluft	- Druckluftverbrauch minimieren: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leckageüberwachung/regelmäßige Prüfung der Druckluftnetze</li> <li>• Kritische Bewertung des Einsatzes von Druckluft (wenn möglich vermeiden oder minimieren)</li> </ul> - Nutzung der Abwärme bei der Druckluftherzeugung für Warmwasservorwärmung	
4		Kälte (Kaltwasser/Sole)	- Kombinierte Strom-/Kälteerzeugung prüfen - Nutzung von Abwärme ggf. in Kombination mit Wärmepumpen - Kombination Wärme-/Kälteerzeugungsanlagen prüfen - Vergleich Kompressions-/Absorptionskälteanlagen	
5		Heißwasser/Dampf	- Einsatz von Economisern (Wärmerückgewinnung) - Kondensatrückführung - Prozessdampferzeugung örtlich nah an den Verbraucher bringen	
6		Lüftungsanlagen/ Gebäudelüftung bzw. -klimatisierung	- Einsatz von Teilklimaanlagen inkl. Kreuzstromwärmetauschern zur optimalen Nutzung von Außenluft - Einsatz von Flachriemen anstatt Keilriemen - Einsatz von direkt angetriebenen Lüftern	
7		Pumpen, Lüfter	- Bei bedarfsorientiertem Betrieb in der Gebäudetechnik Einsatz von frequenzgeregelten Motoren (z.B. anstatt Drosselung bei Wasserpumpen)	
8		Rohstoff-/ Produktlagerung	Lagerbedingungen	- Bedarf und günstige Anordnung der Flächen untersuchen - Minimierung der unterschiedlichen Temperaturzonen in Anzahl und Fläche

## 4.2. Schokoladenherstellung

Position	Verfahrensschritt	Betrachtungsbereich	Vorschläge zur günstigen Gestaltung
1	Rohkakaolagerung	Silos	- Nutzung von Abwärme zur Lagerkonditionierung - Isolierung des Lagerbereiches
		Entladen	- Möglichst große Anliefergebände wählen, um spezifischen Energieeinsatz zu minimieren
2	Rösten, Debakterisieren	Rösten, Debakterisieren	- Nibsröster bzw. Röstprozesse mit Wärmerückgewinnung ausrüsten bzw. optional anbieten lassen - Festlegung der Prozessreihenfolge unter energetischen Gesichtspunkten - Nutzung der Abwärme aus der Thermischen Nachverbrennung (TNV) der Abluft aus den Verfahrensschritten Rösten/Debakterisieren und Vermahlung
		Röster	- Brenn- und Röstkammeroptimierung - Brennkammern in Zusammenarbeit mit den Herstellern produktabhängig auslegen - Prozessführung auf möglichst geringem Temperaturniveau anstreben
		Dampfversorgung für Debakterisierung	- Falls Sattedampf zur Debakterisierung gebraucht wird, sollte dieser mittels Schnellverdampfeinheit direkt vor Ort bereitgestellt werden, um ein optimales Verhältnis von Verbrauch und installierter Leistung zu gewährleisten - Ziel sollte sein, eine Fabrik ohne Dampferzeugung zu fahren (falls technisch möglich)
		Förderung der Bohnen/Nibs	- Energieaufwand bei der Auswahl des Fördersystems berücksichtigen - Kurze Förderwege
3	Nibsvermahlung	Nibsvermahlung	- Vermahlung auf niedrigem Temperaturniveau senkt Kühlaufwand - Mühlen: Antriebstechnik hinsichtlich Einsatz energieeffizienter Motoren überprüfen - Mahlen der Kakaonibs erfordert einen hohen Energieeinsatz → Prozessdesign genau überprüfen
4	Lagerung von Kakaomasse und Schokoladenmasse	Lagerung von flüssiger Kakaomasse und Schokoladenmasse	- Unterbringung von Tanks in beheiztem Raum ist einer Aufstellung in nicht konditionierter Umgebung vorzuziehen <u>Vorteile:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Doppelwand-Ausführung</li> <li>• Keine Isolierung der Tanks</li> <li>• Höhere Abpumptemperaturen aus den Conchen zur Raumheizung nutzen</li> </ul> - Keine aktive Raumheizung im Normalbetrieb notwendig (muss aber für den Notfall vorhanden sein) Anmerkung: Isolation des Tanklagerraums ist vorzusehen, um Wärmeverluste zu minimieren! - Intervallschaltung von Rührwerken
5	Schokoladenmassenherstellung	Mischen	- Antriebstechnik mit energieeffizienten Motoren - Auswahl geeigneter Mischwerkzeuge - Ablauf der Komponentenzugabe („trocken in nass“ vorzugsweise) - Nutzung der Schwerkraft zum Befüllen und Entleeren
		Walzen, Conchieren	- Antriebstechnik: energieeffiziente Motoren einsetzen - Alternative Kraftübertragung zu Keilriemen prüfen - Prozess bei Einhaltung der gewünschten Sensorik unter dem Gesichtspunkt der Senkung des spezifischen Energiebedarfes formulieren - Abwärme für Prozesse/Kühlen und Heizen bei verschiedenen Maschinen koppeln Anmerkung: Bei Neuplanung sollte die vertikale Anordnung der einzelnen Elemente zur Ausnutzung der Schwerkraft bevorzugt werden. Falls dies nicht durchführbar ist, sind die einzelnen Elemente mittels Bändern zu verbinden und nicht mit Schneckenförderern!

### 4.3. Schokoladenverarbeitung

Position	Verfahrensschritt	Betrachtungsbereich	Vorschläge zur günstigen Gestaltung
1	Schokolade schmelzen	Schmelzapparat	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolation des Apparates</li> <li>- Große Oberfläche schaffen (Chips)</li> <li>- Günstige Gestaltung für einen guten Wärmeübergang inkl. Beachtung der Materialien</li> <li>- Abwärme zur Beheizung nutzen</li> </ul>
2	Schokolade im flüssigen Zustand lagern	Lagertank	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unterbringung von Tanks in beheiztem Raum ist einer Aufstellung in nicht konditionierter Umgebung vorzuziehen</li> </ul> <p><u>Vorteile:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Doppelwand-Ausführung</li> <li>• Keine Isolierung der Tanks</li> <li>• Nutzung von Abwärme aus anderen Prozessen</li> <li>• Aktiver Raumheizungsbedarf kann im Normalbetrieb minimiert werden, muss aber für den Notfall vorhanden sein</li> </ul> <p>Anmerkung: Isolation des Tanklagerraums ist vorzusehen, um Wärmeverluste zu minimieren!</p>
3	Schokolade im flüssigen Zustand fördern	Pumpen, Rohrleitungen, Ventile	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beheizte Rohrleitung isolieren</li> <li>- Wege minimieren (Längen, Bögen, Nennweite optimieren)</li> <li>- Einsatz strömungsoptimierter Klappen/Kugelhähne</li> <li>- Mehrfachnutzung durch Molchtechnik führt zu kleinerem Rohrnetz und minimiert Energieaufwand</li> <li>- Pumpeneinsatzbereich und Förderleistung periodisch nachprüfen</li> </ul>
4	Schokolade lagern, temperieren und aufbereiten zur Verarbeitung	Behälter	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolierung der Behälter</li> <li>- Rührwerk optimal auslegen</li> <li>- Siebauslegung/Vibrationsmotor passend auslegen</li> <li>- Siebvibrationsmotor an Pumpen koppeln</li> <li>- Lagertemperatur/Vorlauftemperatur des Heizmediums minimieren</li> </ul>
		Temperiersystem	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Auswahl der Temperiersysteme nach energetischen Gesichtspunkten</li> <li>- Die vom Temperiersystem zur Verfügung gestellte Schokoladenmenge sollte nur unwesentlich vom Bedarf des Gießsystems abweichen!</li> <li>- Richtige Auslegung unter Berücksichtigung notwendiger Reserven und maximal notwendiger Leistung</li> <li>- Beachtung der Kühlwassertemperatur (Isolierung der Installation)</li> <li>- Abstand Temperiermaschine zur Verarbeitungsstelle minimieren (Überziehmaschine mit externer oder eingebauter Temperierung?)</li> </ul>
5	Schokolade verarbeiten – Gießen/ Eintafeln	Eintafelformen	<p>Eintafelformen dimensionieren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maximale Flächenbelegung und Gestaltung der Form beeinflussen den spezifischen Energieaufwand (Verhältnis Formengewicht zu Produktgewicht)</li> </ul> <p>Eintafelformen im Prozess anwärmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Strahlungsheizung versus Konvektionserwärmung einsatzspezifisch klären</li> </ul>
		Gießen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufstellung in einem Warmbereich</li> </ul>
		Hülsenbildung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kaltstempeltechnologie im Vergleich zur klassischen Hülsenbildungstechnologie bezüglich des Energieaufwandes für den Anwendungsfall konkret überprüfen</li> </ul>
		Herstellung gefüllter Schokoladenprodukte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Technologievergleich mehrstufige Herstelltechnologie mit Schalenbildung, Füllen, Verschließen im Vergleich zu One Shot-Technologie durchführen</li> </ul>
		Formenkühler / Kühlen der befüllten Formen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kühltischauslegung</li> <li>- Einsatz strömungsmechanisch optimierter Ventilatoren und Luftführungen in den Kühlern sicherstellen</li> <li>- Energieeffiziente Motoren, keine Überdimensionierung</li> <li>- Keine Lufttrocknung (wenn möglich) sondern Optimierung von Wasserabscheidern</li> </ul>
6	Schokolade verarbeiten – Überziehen	Überziehanlage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maschine in einem abgegrenzten Warmbereich (ca. 24...26 °C) aufstellen</li> <li>- Anteil Schokoladenmasse im Rückförderstrang minimieren (soweit verfahrenstechnisch und produkttechnisch vertretbar)</li> <li>- Einsatz frequenz geregelter Gebläse/Pumpen</li> <li>- Dekristallimatoraufstellung im Warmbereich der Überziehanlage (Heizung durch Abwärme), inkl. Vorrattank, Pumpe etc.</li> </ul>
		Tunnelkühler für Überziehprodukte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Getrennte Aufstellung – möglichst nicht im Warmbereich</li> <li>- Ausreichende Isolierung</li> <li>- Minimierung Luftverluste</li> <li>- Auswahl Kaltwasserversorgung (dezentral ↔ zentrales Kühlsystem) ist spezifisch unter den Gesichtspunkten der Energieeffizienz, Versorgungssicherheit und des Lastganges zu treffen</li> <li>- Einsatz strömungsmechanisch optimierter Ventilatoren und Luftführungen in den Kühlern sicherstellen</li> </ul>



## 4.4. Zuckerwarenherstellung und -verarbeitung

Position	Verfahrensschritt	Detaillierung	Vorschlag zur günstigen Gestaltung
1	Rohstoffe lagern und aufbereiten	Flüssigrohstoffe in Tanks lagern	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rührsysteme auswählen, die wenig Strom benötigen; Auslegung der Rührer in Abhängigkeit vom Stoff</li> <li>- Optimale Steuerung der Rührsysteme (Drehzahl, Einschaltdauer, Anlauf)</li> <li>- Lastmanagement berücksichtigen in einem Tanklager</li> <li>- Raumisolation</li> <li>- Festlegung des notwendigen Temperaturniveaus (minimieren)</li> <li>- Nutzung rekuperativer Wärme zur Beheizung</li> </ul>
		Rohstoffe aufbereiten, lösen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolation des Apparates</li> <li>- Günstige Gestaltung für einen guten Wärmeübergang inkl. Beachtung der Materialien</li> <li>- Geeignete Rührsysteme auswählen</li> <li>- Wasser-Einsatz minimieren</li> </ul>
2	Rohstoffe dosieren	Rohstoffe dosieren und mischen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wege minimieren (Längen, Bögen, NW optimieren)</li> <li>- Fördergeschwindigkeit begrenzen</li> <li>- Einsatz strömungsoptimierter Klappen, Kugelhähne</li> <li>- Wasser-Einsatz minimieren</li> <li>- All-in-Rezepturen</li> <li>- Rührwerke optimieren</li> <li>- CIP-Installation optimieren</li> </ul>
		Bevorratung des Ansatzes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Behälterisolation</li> <li>- Rührwerk optimal auslegen</li> <li>- Siebeinrichtung passend auslegen</li> <li>- Konstante, angepasste Temperatur der Mischung und Beheizung</li> </ul>
		Förderung der Rohstoffmischung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Richtige Auslegung der Installation (Pumpe, Leitungslänge, Durchflussmesser, Durchflussregelung, Begleitheizung)</li> </ul>
3	Mischung lösen und vorkochen	Mischung lösen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Druckauflöseverfahren anwenden anstatt atmosphärischem Lösen</li> </ul>
		Lösung vorkochen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimales Kochsystem wählen (statischer/dynamischer Wärmetauscher)</li> <li>- Kocher, Wärmetauscher, Brudentrennraum isolieren</li> <li>- Energieleitung isolieren</li> <li>- Wärmeübergang optimieren</li> <li>- Temperaturprofil optimieren</li> <li>- Abwärme nutzen (Brüdenkondensation)</li> </ul>
		Vorgekochte Lösung fördern	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Richtige Auslegung der Installation (Pumpen, Leitungslänge, Durchflussmesser, Durchflussregelung, Begleitheizung)</li> <li>- Produktwege minimieren</li> </ul>
4	Lösung kochen und vakuumieren	Lösung kochen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimales Kochsystem wählen (statischer/dynamischer Wärmetauscher)</li> <li>- Kocher, Wärmetauscher, Brudentrennraum isolieren</li> <li>- Energieleitung isolieren</li> <li>- Wärmeübergang optimieren</li> <li>- Temperaturprofil optimieren</li> <li>- Abwärme nutzen (Brüdenkondensation)</li> </ul>
		Zuckermasse vakuumieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geeignetes Vakuumsystem nutzen</li> <li>- Abwärme nutzbar?</li> <li>- Vakuumsystem mit Kreislaufwasser ausrüsten oder Pumpe ohne Sperrflüssigkeit</li> </ul>
5	Ingredienzen dosieren und einmischen	Ingredienzen dosieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wege minimieren (Längen, Bögen, Nennweite optimieren)</li> <li>- Rührwerke nur bei Bedarf</li> <li>- CIP-Installation optimieren</li> <li>- Energiesparende Antriebe</li> </ul>
		Einmischen der Ingredienzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mischeinrichtung isolieren</li> <li>- Mischer optimieren zwecks mechanischen Energieeintrag</li> <li>- Energiesparende Antriebe</li> <li>- Geschlossene Mischesysteme</li> <li>- CIP-fähig</li> </ul>
		Fördern der Zuckerwarenmasse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wege minimieren</li> <li>- Leitungen optimal beheizen und isolieren</li> </ul>



Position	Verfahrensschritt	Detaillierung	Vorschlag zur günstigen Gestaltung
6	Zuckerwarenmasse behandeln	Belüften	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Viskosität optimieren</li> <li>- Energiesparende Antriebe</li> <li>- Systemdruck optimieren</li> </ul>
		Ziehen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wärmeabstrahlung minimieren</li> <li>- Energiesparende Antriebe</li> <li>- Ziehwege optimieren</li> </ul>
		Kristallisieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mechanischen Energieeintrag optimieren</li> <li>- Einrichtung isolieren</li> <li>- Energiesparende Antriebe</li> <li>- Kristallisationszeit optimieren (Scherung, Wärmebehandlung)</li> </ul>
		Karamelisieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einrichtung isolieren</li> </ul>
		Zuckerwarenmasse fördern	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wege optimieren</li> <li>- Leitungen optimal beheizen</li> </ul>
7	Zuckerwarenmasse verarbeiten	Gießen in Puder	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wärmeabstrahlung in den Raum prüfen</li> <li>- Wärmeübergang verbessern</li> <li>- Leitungen isolieren</li> <li>- Einrichtung isolieren</li> <li>- Druckluftbedarf optimieren</li> <li>- Optimieren der Kaltwasseraufbereitung</li> <li>- Wärmerückgewinnung bei Pudertrocknung</li> </ul>
		Gießen puderlos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperierung der Gießmaschine optimieren</li> <li>- Wege Massezuführung kurz halten</li> <li>- Kühlschrank gegenüber Kühlluftverlust sichern</li> <li>- Luftzirkulation im Kühlschrank optimieren</li> <li>- Energiesparende Antriebe</li> </ul>
		Konditionierung / Trocknung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rezepturdesign unter dem Gesichtspunkt eines minimierten Energiebedarfes (Beachtung: Rohstoffauswahl, Rezept, Gießmassenviskosität)</li> </ul>
		Formen, Prägen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geschlossene Temperierwasserkreisläufe</li> <li>- Wärmeabstrahlung in den Raum prüfen</li> <li>- Wärmeübergang verbessern</li> <li>- Leitungen isolieren</li> <li>- Prägwerkzeuge mit Rollreibung anstatt Gleitreibung</li> </ul>
		Extrudieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energiesparende Antriebe</li> <li>- Geschlossene Temperierwasser-Kreisläufe</li> <li>- Energieeintrag ins Produkt optimieren</li> <li>- Außenflächen isolieren</li> <li>- Luftkühlsystem mit optimierten Ventilatoren und gutem Wärmeübergang durch große Luftgeschwindigkeit</li> <li>- Kühlluftverluste minimieren</li> </ul>
8	Zuckerwarenmasse kühlen	Kühlen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Luftführung, Luftströmung optimieren</li> <li>- Luftverluste minimieren</li> <li>- Kühlsystem zentral oder dezentral</li> <li>- Kälteaggregat mit Luft- oder Wasserkühlung</li> <li>- Kühlleistung anpassbar an den Produktdurchsatz</li> <li>- Umgebungsbedingungen für den Kühler</li> </ul>
9	Produktionslinie an-/abfahren		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kurze Produktwege</li> <li>- Produktmenge im Herstellungsprozess minimieren</li> <li>- Rohstoff-Restmengen auffangen und als Rework wieder einsetzen</li> </ul>
10	Produktionslinie reinigen		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kreislaufreinigung</li> <li>- Rotierende Sprühkugeln</li> <li>- Ausreichende Wassergeschwindigkeiten</li> <li>- CIP-fähige Herstellungsanlagen</li> </ul>

## 5. Energie- und Ressourceneffizienz bei der Planung und Realisierung von Neuanlagen

Dem Thema Energie- und Ressourceneffizienz ist bei der Planung und Realisierung von Neuanlagen künftig ein höherer Stellenwert einzuräumen. Süßwarenhersteller und Ausrüster sollten hierzu in einer frühen Projektphase ihre Erfahrungen austauschen und anzustrebende Ziele formulieren.

Das optimale Prozessdesign verbunden mit der optimalen Technik und Technologie bietet gerade bei Neuanlagen die Gelegenheit, den spezifischen Energiebedarf deutlich näher an das theoretische Minimum heranzuführen. Diese Chance sollten beide Seiten nutzen.

Um die Süßwarenmaschinenhersteller in die Lage zu versetzen, die Energieeffizienz zu verbessern, sollten sie realisierte Projekte gemeinsam mit den Anwendern einem Monitoring unterziehen. Die dabei ermittelten Daten helfen dem Betreiber Verbesserungsmaßnahmen für sein System zu definieren. Dem Anlagenlieferanten dienen die Informationen, um künftig eine höhere Vorhersagegenauigkeit zu den erwartenden Energie-/Ressourcenverbräuchen unter verschiedenen Lastfällen erreichen zu können.

Darüber hinaus sollten die Erfahrungen aus Altprojekten in das neue Projekt transferiert werden.

Die Analyse von Energiesenken und -quellen und deren optimale Kopplung in den Fabrikstrukturen bietet ein hohes Reduktionspotenzial für den spezifischen Energiebedarf in der Süßwarenproduktion.

Weiterhin gilt es, bestehende Zustände und Denkweisen zu hinterfragen. Strukturen sind möglichst überschaubar und steuerbar zu gestalten.

## 6. Haftungsausschluss

- a) Technologie und Know-how, soweit nicht veröffentlicht oder zum technischen Allgemeinwissen gehörend, unterliegen der Vertraulichkeit.
- b) Gesetze und Vorschriften sind zu beachten.
- c) Empfehlungen und Lösungsvorschläge sind in jedem Fall durch geeignetes Fachpersonal vor Anwendung auf ihre konkrete Anwendbarkeit und Eignung im Einzelfall zu prüfen.
- d) Dieser Leitfaden erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

## 7. Zusammenfassung/Ausblick

Der vorliegende Leitfaden soll die Unternehmen der Süßwarenindustrie und die Hersteller von Maschinen und Anlagen unterstützen, Lösungen für eine energieeffiziente und ressourcenschonende Produktion zu finden und diese in der Praxis anzuwenden.

- Anlagenhersteller und Süßwarenhersteller sollten
- die Prozesstechnik und die Prozessführung optimieren, mit dem Ziel den Energiebedarf zu minimieren;
  - Strukturen vereinfachen, überschaubar und steuerbar machen;
  - Prozessmonitoring installieren (Überwachen, Abweichungen feststellen, Optimieren);
  - Energiesenken und -quellen in komplexen Produktionssystemen nutzbar machen;
  - Speicher zur Aussteuerung von kurzfristigen Spitzen und zur Nutzung von Tag/Nacht-Effekten installieren;
  - durch intelligentes Energie-/Ressourcenmanagement die Prozesse optimiert führen.

Obwohl die Süßwarenindustrie nicht zu den energieintensiven Branchen der Wirtschaft gehört, ist es sowohl aus Sicht der Kosteneinsparung als auch aus Imagegründen sinnvoll, dem bewussten Einsatz von Energie und Ressourcen mehr Aufmerksamkeit zu widmen.

## 8. Literatur

- Bretschneider, U.:** Optimierung thermischer Prozesse in der Süßwarenindustrie durch strukturierte Prozessanalyse; Vortrag 23.4.2008; Hannover Messe
- Förster, H.:** Energieeffizienzreserven von Kälteanlagen; Die Kälte+Klimatechnik, März 2008, S. 24 ff
- Förster, H.:** Die Kälteanlage der Zukunft; Die Kälte+Klimatechnik, Februar 2009, S. 44 ff
- Junge, M.:** Simulationsgestützte Entwicklung und Optimierung einer energieeffizienten Produktionssteuerung; 2007, kassel university press GmbH, Kassel
- Meyer, J. u.a.:** Rationelle Energienutzung in der Ernährungsindustrie 2000; Fried. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden
- Takeda, H.:** Das synchrone Produktionssystem: just in time für das ganze Unternehmen; dt. Übers. A. Meynert. 2. überarbeitete Auflage – Landsberg: Verlag Moderne Industrie 1999, S. 154...158
- N.N.:** Erhebung über die Energieverwendung - Berichtszeitraum 2007; Statistisches Bundesamt, Juli 2009

### An der Erstellung des Leitfadens wirkten mit:

Augustin, K. H.	(Bremer Hachez Chocolate GmbH & Co. KG)
Bindler, U.	(Ubitec GmbH)
Dr. Bretschneider, U.	(Bahlsen GmbH & Co. KG)
Dr. Eckermann, B.	(Rausch Schokoladen GmbH)
Essig, J.	(F.B. Lehmann GmbH)
Freund, D.	(Van Netten GmbH)
Fraese, B.	(VDMA – Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.)
Graf, J.	(Alfred Ritter GmbH & Co. KG)
Hauger, R.	(Kraft Foods Deutschland GmbH)
Herrmann, V.	(LT Food Medien-Verlag GmbH)
Keme, T.	(Keme Food Engineering AG)
Mahn, C.	(Niederegger GmbH & Co. KG)
Prof. Dr. Matissek, R.	(LCI – Lebensmittelchemisches Institut des Bundesverbandes der Deutschen Süßwarenindustrie e.V.)
Markwardt, K.	(Chocotec GmbH)
Ochsner, C.	(Chocolate Frey AG)
Runkel, R.	(WDS – Winkler und Dünnebieber Süßwarenmaschinen GmbH)
Seidensticker, K.	(August Storck KG)
Sollich, Th.	(Sollich KG)
Stiefel, M.	(Chocolatefabriken Lindt & Sprüngli AG)
Ulrich, M.	(Nestlé Ltd.)