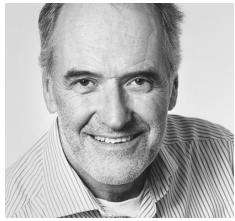


TRANSFER

- 3 **Umwelt** | Kultur als Regionalentwicklung – angewandte Forschung ...
- 4 **Biotechnologie** | Arnica montana – Von der bedrohten Heilpflanze ...
- 5 **Angewandte Simulation** | Mit Mathematik gegen Verkehrsstau ...
- 6 **Lebensmittel** | Energiesparen durch Energiebenchmark ...
- 7 **Facility Management** | Qualität von nachhaltigen Bauten ...
- 8 **Chemie** | Entwicklung eines Affinitätsmessgerätes ...

Energiesparen durch Energiebenchmark



Dr. Jürg Buchli,
 Leiter Fachstelle Nachhaltigkeit und Energie,
 juerg.buchli@zhaw.ch

Ist die Herstellung industrieller Lebensmittel eine Energieverschwendung? Die Antwort der Energiespezialisten am Institut für Lebensmittel- und Getränkeinnovation ILGI ist: Der spezifische Energieverbrauch für die Herstellung von Lebensmitteln sollte möglichst nahe beim thermodynamischen Minimum liegen. Diese physikalische Betrachtungsweise liefert einen objektiven Benchmark für den Vergleich mit dem effektiven Verbrauch bei der Lebensmittelherstellung.

Der Bedarf an objektiven Energievergleichen ist gross. Viele Betriebe wissen nicht, wo sie energieverbrauchsmässig stehen, die Energiekosten scheinen hoch. Die Geschäftsleitung gibt über das Energiemanagement hohe Einsparvorgaben und die Verantwortlichen stehen vor der Frage, bei welchen Prozessen Investitionen in Energiesparmassnahmen noch vernünftig sind. Mit der Methode des Energiebenchmarks wird der Fokus auf das Produkt und nicht auf den Prozess gelegt. Die Endprodukteigenschaften dienen als Vorgabe, daraus errechnet der Spezialist die thermodynamisch erforderliche Mindestenergie. Die ermittelte Energiemenge stellt das theoretische, absolute Energieverbrauchsminimum dar. Es kann nicht für Kalkulationen von realen Prozessen herangezogen werden, da die technisch bedingten Verluste nicht eingerechnet sind.

Berechnung und Bewertung

Bei der Berechnung der Energiebenchmarks gilt es die Herstellverfahren zu berücksichtigen. Eindampfer können beispielsweise mehrstufig oder mit mechanischer Brüdenverdichtung betrieben werden. Tabelle 1 zeigt die Methode der Berechnung und die zu verwendenden physikalischen Formeln. Die Resultate werden auf kg Produkt bezogen. Um Werte mechanischer und thermischer Verfahren gerecht vergleichen zu können, werden die mechanischen Energieverbräuche (Elektrizität) analog zum energetischen Wert (Wirkungsgrad guter thermischer Kraftwerke) mit Faktor 2 multipliziert.

Produkt	Verfahren	Bedingungen	Formel	Resultat [kJ/kg]
Bier	Pasteurisation	Erhitzung von 5 auf 72 °C	ohne WRG: $E=m \cdot c \cdot \Delta T$ [kJ] mit WRG (80%)	256 51
Milch	Eindampfen	Konzentration von 12.5 auf 48 % TS	mehrstufig: $E=m \cdot \Delta h / n$; $n=6$ mech. Verdichtung: $E=\Delta p \cdot V$	289 22

Tabelle 1: Berechnung des Energiebenchmarks für Pasteurisation und Eindampfen

Produkte und Energiebenchmark

In Tabelle 2 sind die hauptsächlichen Verfahren der Lebensmittelverfahrenstechnik und die rechnerisch notwendigen Mindestenergien als Benchmark für die realen Prozesse dargestellt. Eindampf- und Trocknungsprozesse sind energieintensiv, das ist erklärbar mit der hohen Verdampfungsenergie von Wasser. In der Praxis sind für Walzentrockner verlustbedingt 10 – 20%, für Sprühtrockner wegen den grossen Luftmengen bis 100% höhere Werte zu erwarten. Die Pasteurisation eines flüssigen Produktes erfordert thermodynamisch 287 kJ/kg, allerdings ist mit Wärmerückgewinnung bis 90% direkt im Prozess wieder zurückzugewinnen. Mechanische Pasteurisation mit HPP ist im Vergleich dazu sehr energieaufwendig. Zu den kleinen Energieverbrauchern zählen Transportprozesse. Allerdings können diese in der Praxis aus Sicherheitsüberlegungen extrem ineffizient betrieben werden und bieten ein grosses Einsparpotential.

Tabelle 2: Energiebenchmarks für diverse mechanische und thermische Verfahren

- Legende:
- TS Trockensubstanz
 - WRG Wärmerückgewinnung
 - E Energie
 - C spezifische Wärme
 - T Temperatur
 - h Enthalpie
 - n Anzahl Stufen
 - th. Thermische Energie
 - el. Elektrische Energie
 - HPP High Pressure Pasteurisation
 - UHT Ultra High Temperature

Energiemanagement

Reale Systeme sind verlustbehaftet. Diese Verluste werden erst bei Energiemessungen ersichtlich. Liegen Zahlen vor, muss die Grösse der Abweichung zum Energiebenchmark beurteilt und die Frage nach dem Warum beantwortet werden. Die Bewertung des Energieverbrauchs in der Lebensmittelherstellung mit Hilfe der thermodynamisch gerechneten, produktbezogenen Benchmarks bietet jedem Hersteller die Chance, sein Energiemanagement und seine Energiesparprojekte nach objektiven Kriterien zu priorisieren.

	Verfahren	Produkt	Benchmark		
			[kJ/kg]	gewichtet [kJ/kg]	
mechanisch	Pumpen	Getränk	0.5	1	
	Ultrafiltration	Getränk	1	2	
	Nanofiltration		2	4	
	Umkehrosmose		3	6	
	Pneumatisch Fördern	Pulver	0.6	1.2	
	Pressen	Sonnenblumen	5	10	
	Homogenisieren	Milch	22	44	
	Brechen, Mahlen >5 mm 5 mm – 0.01 mm	Kaffee	10	20	
			66	132	
	Kühlen 5 °C	div.	14	28	
	Gefrieren – 25 °C	div.	87	175	
	thermisch	Mischen, Rühren Teig laminar turbulent Reaktor turbulent Tank	Extrakt	83	165
				72	144
8				15	
1.5				3	
1.5				3	
Extrudieren mech. therm.		Pulver	92	184	
			450	450	
HPP (high pressure past.)		Dauerfleischwaren	190	380	
thermisch		Erwärmen, Pasteurisieren	Milch ohne WRG	287	287
			Milch mit WRG	58	58
	UHT-Behandeln	Milch ohne WRG	478	478	
		Milch mit WRG	95	95	
	Eindampfen: Batch therm. 6-stufig mech. Brüdenverdichtung	Milch 12–48%	1734	1734	
	289		289		
Trocknen mit Walzen	Milch 48–95%	1164	1164		
Trocknen durch Sprühen	Milch 48–95% th. el.	1345	1441		
		48			