JOANNEUM RESEARCH

Die Grüne Brauerei –
Bierbrauen ohne fossilen CO2 Ausstoß

CO2 NEUTRAL
Grüne Brauerei

www.joanneum.at

BRAU UNION ÖSTERREICH

JOANNEUM RESEARCH
Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme

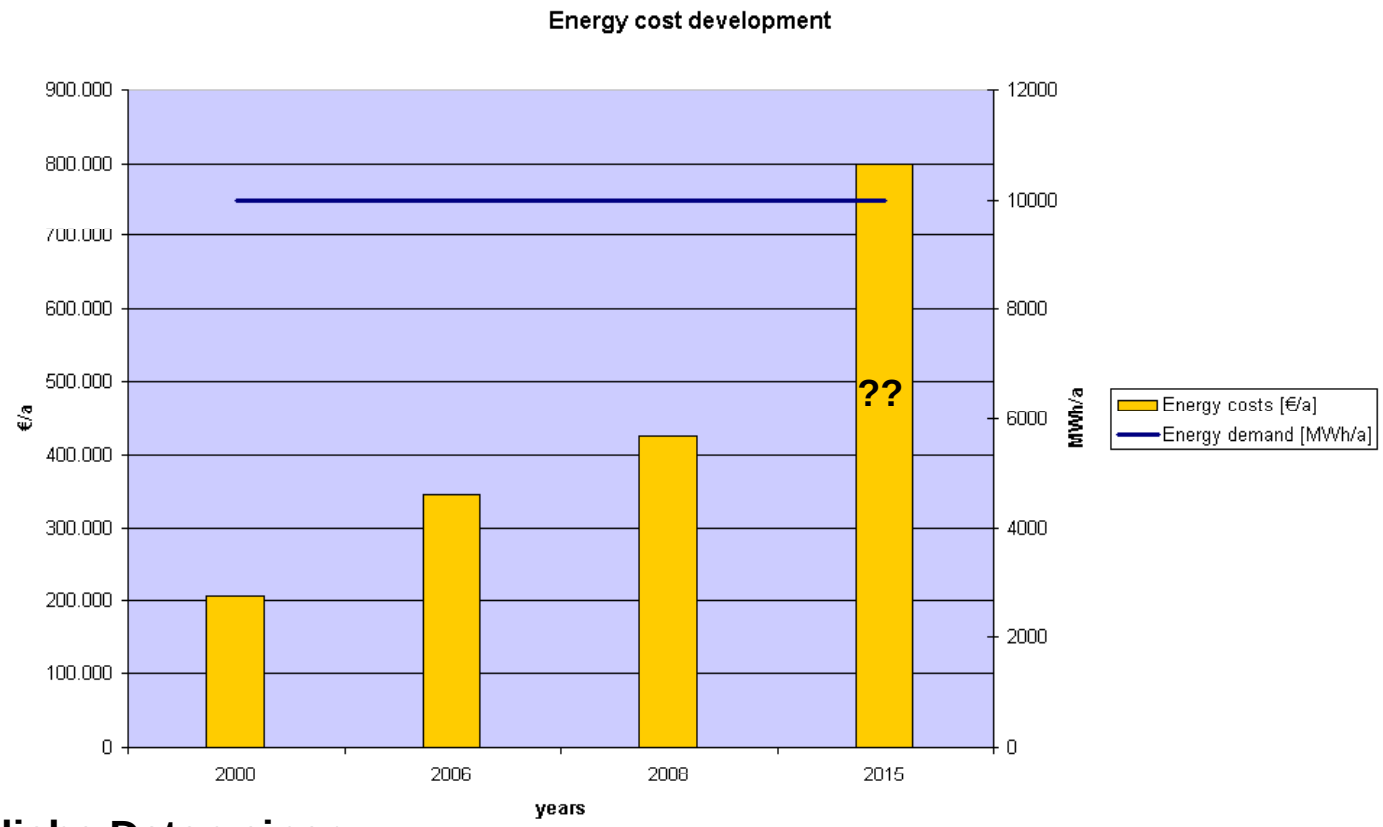
Energiesparziele

- Geschätztes EU Einsparungspotential in der Industrie dank Energieeffizienzmaßnahmen exkl. KWK: **bis 350 TWh**
- EU-Ziel bis 2020: Reduktion der Emissionen um 20%, **Steigerung der Energieeffizienz um 20%** und 20% mehr erneuerbare Energie.

www.joanneum.at

INNOVATION aus TRADITION

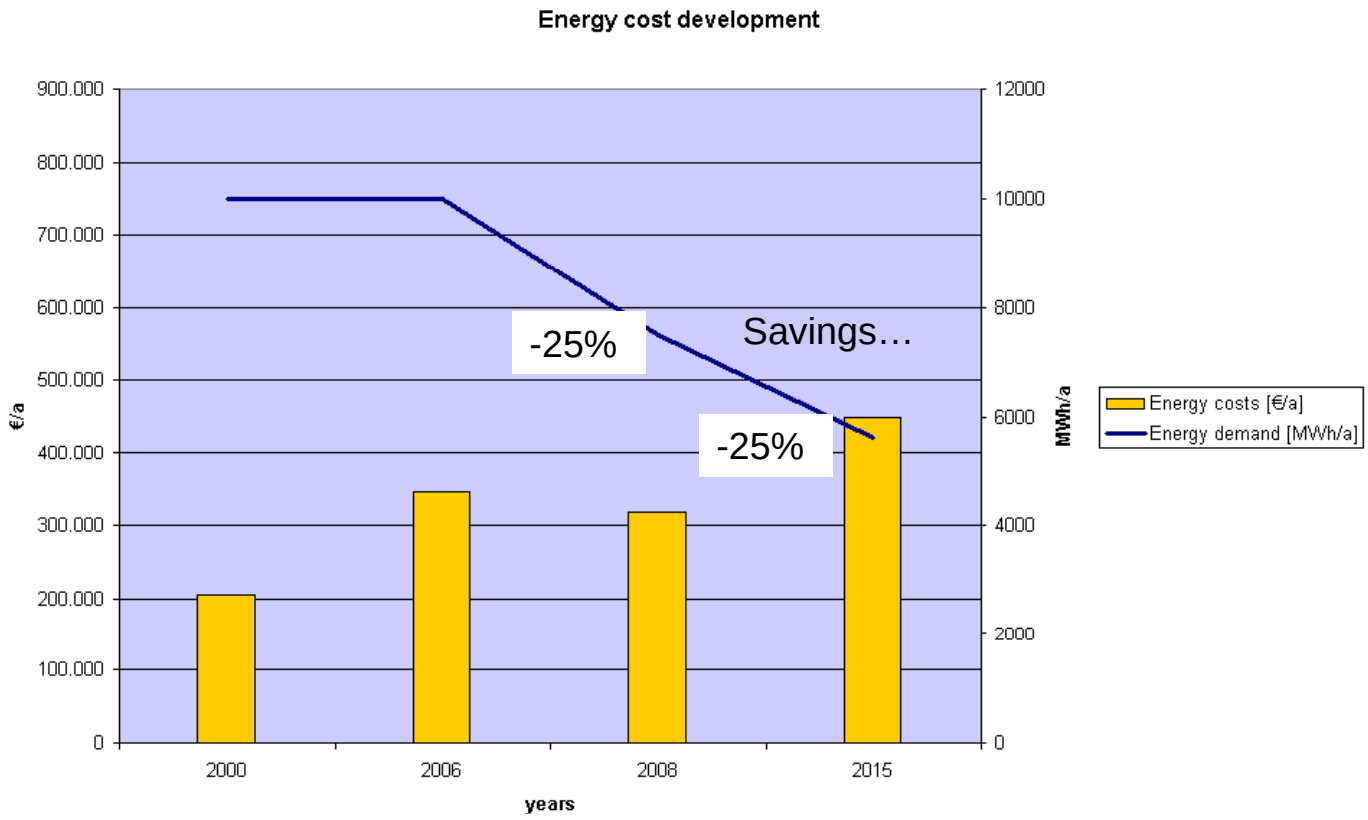
Steigende Energiekosten



Tatsächliche Daten einer Brauerei, 2008

www.joanneum.at

Reduktion der Energiekosten ?



Alternativ-Szenario: Reduktion des Energiebedarfs

www.joanneum.at

INNOVATION aus TRADITION

Energie Audit-Schritte

VOR - AUDIT

- Erste Kontaktaufnahme: Informieren und motivieren
- Datenbeschaffung vor dem Audit
- Verarbeitung der vorläufigen Daten
- „Quick&Dirty”-Vorevaluierung

AUDIT

- Betriebsbesichtigung vor Ort ODER Detaillierte Fern-Datenbeschaffung
- Analyse des Ist-Zustands

BEWERTUNG DER ALTERNATIVEN

- Erstellung des Konzepts der Einsparungsmöglichkeiten und erste Definition der Energieziele
- Berechnung der Energieleistung und Umweltanalyse
- Wirtschaftlichkeits- und Finanzanalyse

VOR-SCHLAG

- Bericht und Präsentation

www.joanneum.at

INNOVATION aus TRADITION

Datenbeschaffung vor dem Audit

Fern-Datenbeschaffung:

- ✓ Basis-Fragebogen
  - Papierform
  - Elektronisches Format

    (für direkten Import in die EINSTEIN Software)
- ✓ erklärender Text

Vorteile:

- ✓ erste Vorabschätzung vor dem Besuch
- ✓ Erstellung einer Checkliste mit den wichtigsten zusätzlichen Daten, die beschafft werden sollen

www.joanneum.at

Arten von Daten

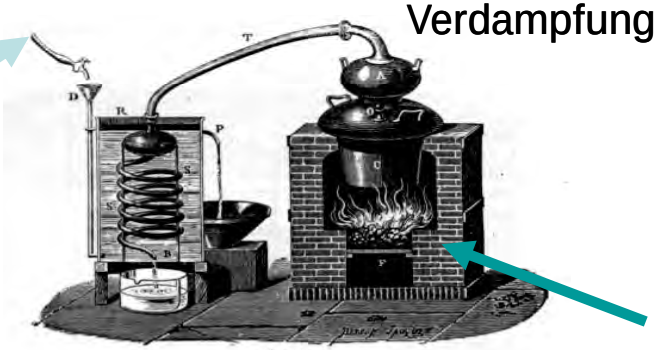
- **Allgemeine Informationen:**
  - jährliche Produktion,
  - Welche Prozesse gibt es? Wie laufen sie ab?
  - Kennzahlen (Umsatz, Anzahl der Mitarbeiter,…)
  - Schichtzeiten, Urlaubszeiten,…
  - Zukunftspläne?

- **Brennstoff- und Stromrechnungen, Tarife:**
  - Anteile am Gesamtverbrauch nach Prozessen
  - Anlagen
  - Produktionsgänge

Industrieller Prozess

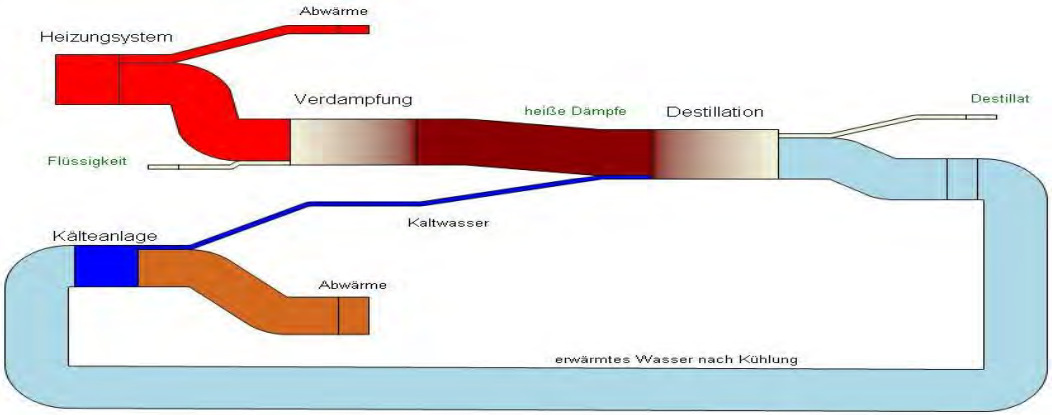
Verdampfung

Kühlsystem



Destillation

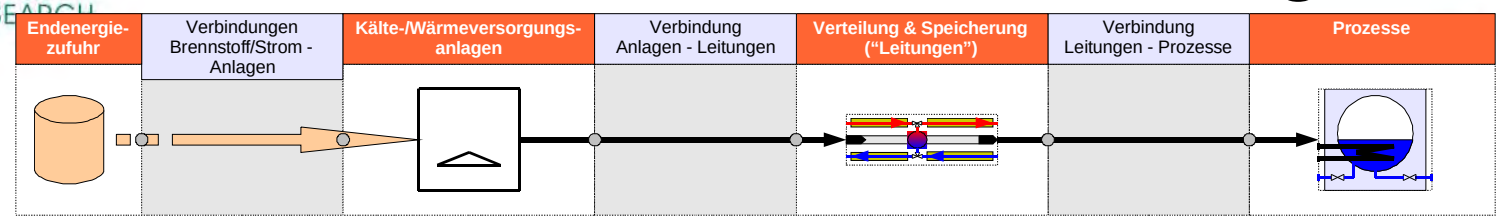
Heizsystem



www.joanneum.at

INNOVATION aus TRADITION

Datenbeschaffung



Energierechnungen

Verteilung von Brennstoff-verbrauch auf Anlagen

Umwandlungseffizienz der Anlagen

Technische Daten der Anlagen

+

Betriebszeiten

Direktmessungen an der Wärmeversorgung der Prozesse

Technische Daten der Prozesse:
- Durchflussraten
- Temperaturen
- Thermische Masse
- Wärmeverluste im Betrieb
- Betriebszeiten

Aufgliederung des Prozessnutzwärmebedarfs auf die einzelnen Komponenten
- Umlauf
- Erhaltung
- Inbetriebnahme

=>Temperaturverteilung der Prozesswärme UPH

Nutzwärme pro Anlage USH_j)

Verteilung der Nutzwärme auf Leitungen und Prozesse

Verluste bei der Verteilung

Schätzung

Prozessnutzwärme pro Prozess (UPH_k)

INNOVATION aus TRADITION

Aufgliederung des Verbrauchs

- Energie nach Prozess, Anlage und Brennstoff
  - Zeigt Prioritäten für Verbesserungsmaßnahmen auf
- Energie nach Temperaturniveau
  - Ermöglicht Bewertung des Potentials für energieeffiziente Technologien
- Analyse des Primärenergieverbrauchs, von CO2- und anderen Emissionen
  - Ermöglicht Bewertung der Umweltauswirkungen
- Kennziffern – spezifischer Energieverbrauch:
  - Ermöglicht Vergleich mit Benchmarks und Festlegung realistischer Ziele für den Energieverbrauch

Aufgliederung des Verbrauchs

Analysezeitraum

- Jahreszahlen
  - Energieintensivste Prozesse und Anlagen
  - Allgemeine Anhaltspunkte
- Monatszahlen
  - Jahreszeit- oder außentemperaturbezogene Veränderungen beim Bedarf
- Stündliche Werte
  - Analyse von Spitzen- und Grundlast
  - Planung von Wärme- und Kältespeichern

www.joanneum.at

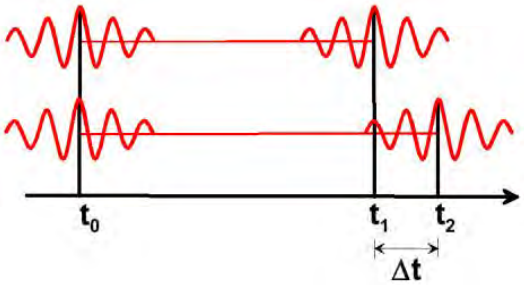
INNOVATION aus TRADITION

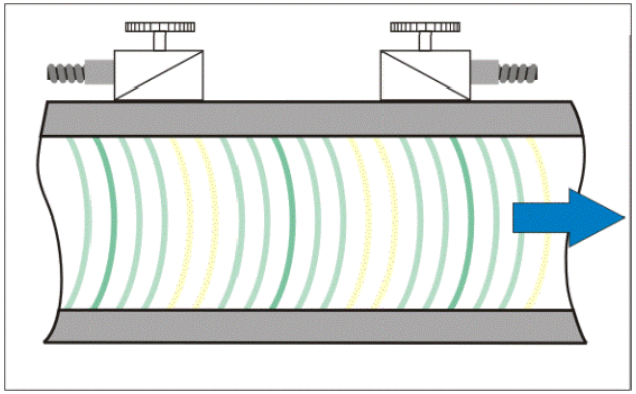
Tatsächlicher Betrieb der Anlagen

- Energieumwandlungseffizienz
  - Nominalwerte in den technischen Datenblättern
  - Messen von Zufuhr / Output – Verschmutzung und Defekte schätzen
  - Abgasmessung zur Schätzung der Umwandlungseffizienz
- Wärme- und Kühlleistung
  - Technische Datenblätter
  - Messen von Zufuhr / bereitgestellte Energie
- Lastfaktor / Jahresbetriebsstunden
  - Vergleich von derzeitiger und jährlicher Zufuhr / Output

Erhebung: Messgerät

- PORTABLE ULTRASONIC FLOWMETER
- Time difference correlation principle





www.joanneum.at

INNOVATION aus TRADITION

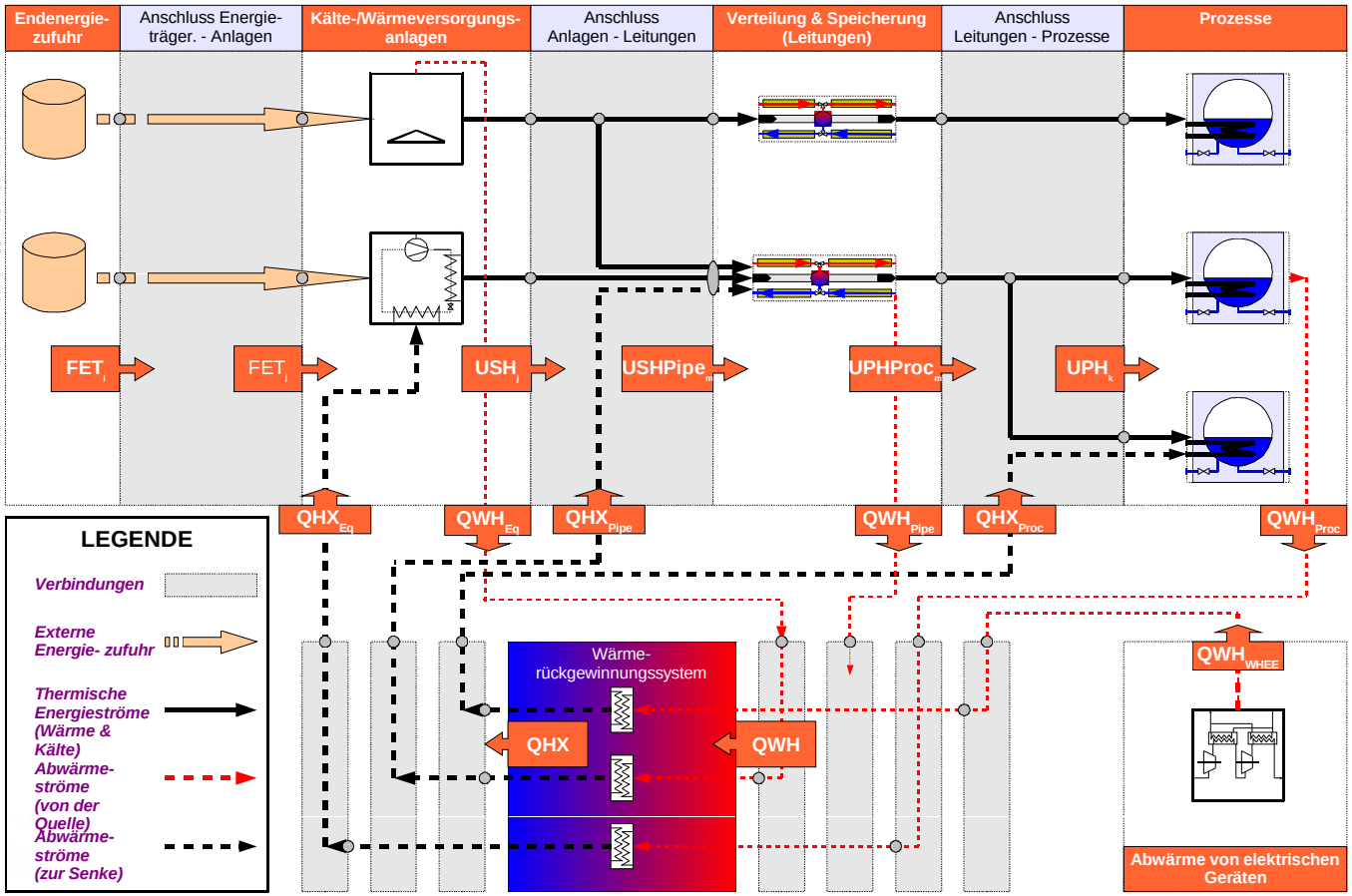
Schritte zum Energiesparen

1. Verringerung des Prozesswärmebedarfs durch **Prozessoptimierung**
2. Verringerung des Wärmeversorgungsbedarfs durch **Wärmerückgewinnung und Prozessintegration**
3. Energieeffiziente Versorgungstechnologien und erneuerbare Energien unter **exergetische Gesichtspunkte**

www.joanneum.at

INNOVATION aus TRADITION

Energieflüsse in der Industrie



www.joanneum.at

INNOVATION aus TRADITION

Prozessoptimierung – Datenbank

- Allgemeine Einsparungsmaßnahmen / -methoden
  - z.B. Einsatz von Waschwasser in Kaskade usw.
- Verschiedene Technologien für 1 Grundoperation
  - z.B. Eindampfung – thermische/mechanische Brüdenverdichtung, Vakuumverdampfung usw.
- Effizienzmaßnahmen für spezifische Technologien
  - z.B. Abwärmerückgewinnung, optimierte Steuerung beim Trocknen
- Anwendbarkeit von Technologien/Maßnahmen in verschiedenen Bereichen
  - Synergien zwischen Lösungen aus unterschiedlichen Bereichen ermöglichen

Technologische Optimierung

www.joanneum.at

INNOVATION aus TRADITION

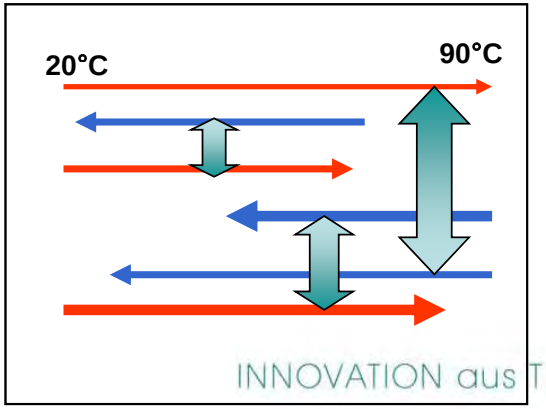
Matrix of industrial process indicators

Low temperature processes in various industry sectors [edit]

	general description	solar integration schemes	Industry sectors			
UNIT OPERATIONS			Subsection DA food	Subsection DB textiles	Subsection DJ metals	Subsection DG chemicals
		INFO	INFO	INFO	INFO	INFO
CLEANING	info	info	x	x	x	x
DRYING	info	info	x	x	x	x
EVAPORATION & DISTILLATION	info	info	x			x
BLANCHING	info	info	x			
PASTEURIZATION	info	info	x			x
STERILIZATION	info	info	x			x
COOKING	info	info	x	x		
OTHER PROCESS HEATING	info		x	x	x	x
GENERAL PROCESS HEATING	info		x	x	x	x
HEATING OF PRODUCTION HALLS	info	info	x	x	x	x
COOLING OF PRODUCTION HALLS	info		x			x
COOLING PROCESSES	info		x		x	x
MELTING	info	info	x			
EXTRACTION	info		x			
BLEACHING	info		x	x		
PAINTING	info	info		x	x	x
SURFACE TREATMENT	info	info			x	

Wärmerückgewinnung

- Analyse der Prozessströme
- Analyse eines minimalen externen Wärme- und Kältebedarfs
- Potential für Wärmerückgewinnung
- Planung und Optimierung eines Wärmetauschernetzwerks inkl. Speicher
- Verringerung von Wärmebedarf und notwendigen Temperaturniveaus -> Basis für exergetisch optimierte Kälte- und Wärmeintegration



www.joanneum.at

INNOVATION aus TRADITION

Wärmerückgewinnungspotential

- **Ziel:**

  Theoretisches Energiesparpotential durch Wärmerückgewinnung (vor Planung des Energieversorgungssystems)
  - Brennstoffsparen und Überdimensionierung der Versorgungsanlagen vermeiden

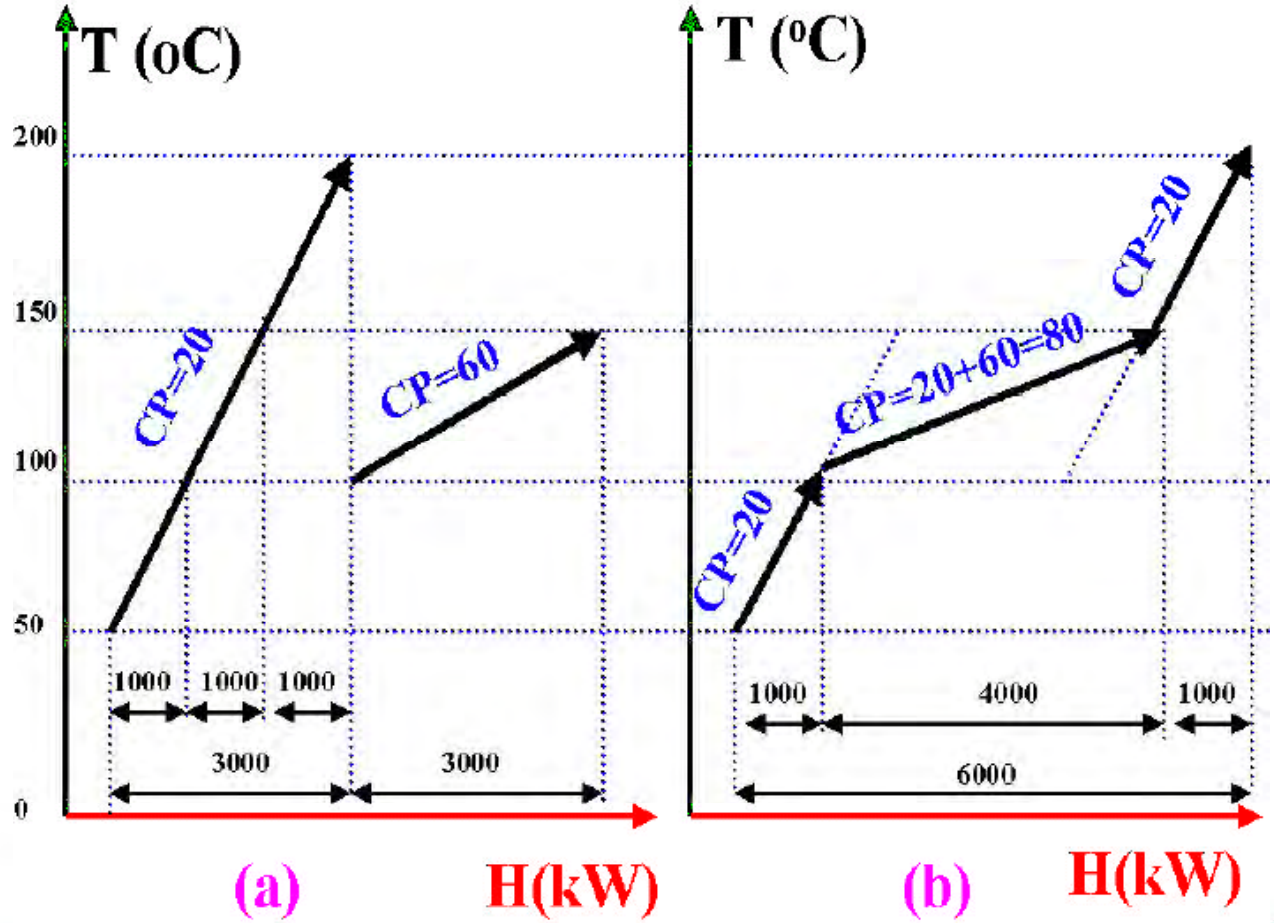
- **Methode:**
  - Von Energieversorgung und Prozessen zu **„Strömen“**
  - Pinch-Analyse
    - Wärme- und Kälteverbundkurven
    - Gesamtverbundkurve

- **Ergebnis:**
  - Theoretisches Wärmerückgewinnungspotential
  - Notwendige externe Wärme-/Kälteversorgung auf verschiedenen Temperaturniveaus

www.joanneum.at

INNOVATION aus TRADITION

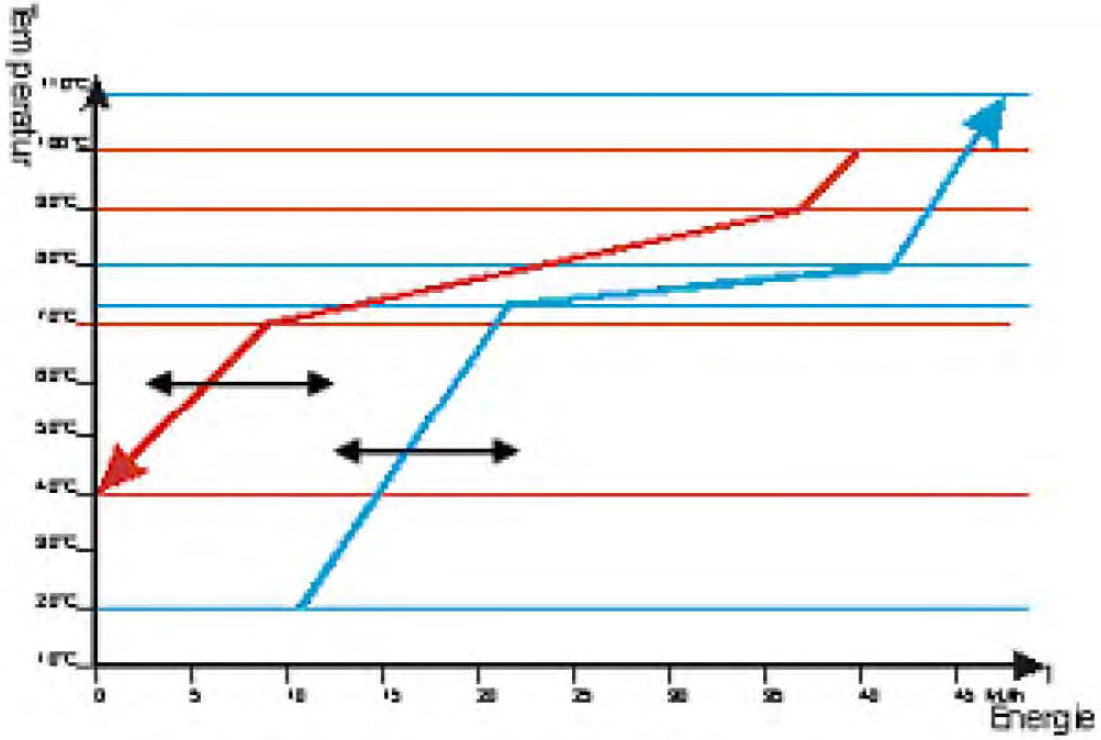
Optimierung: Addition der Ströme



www.joanneum.at

INNOVATION aus TRADITION

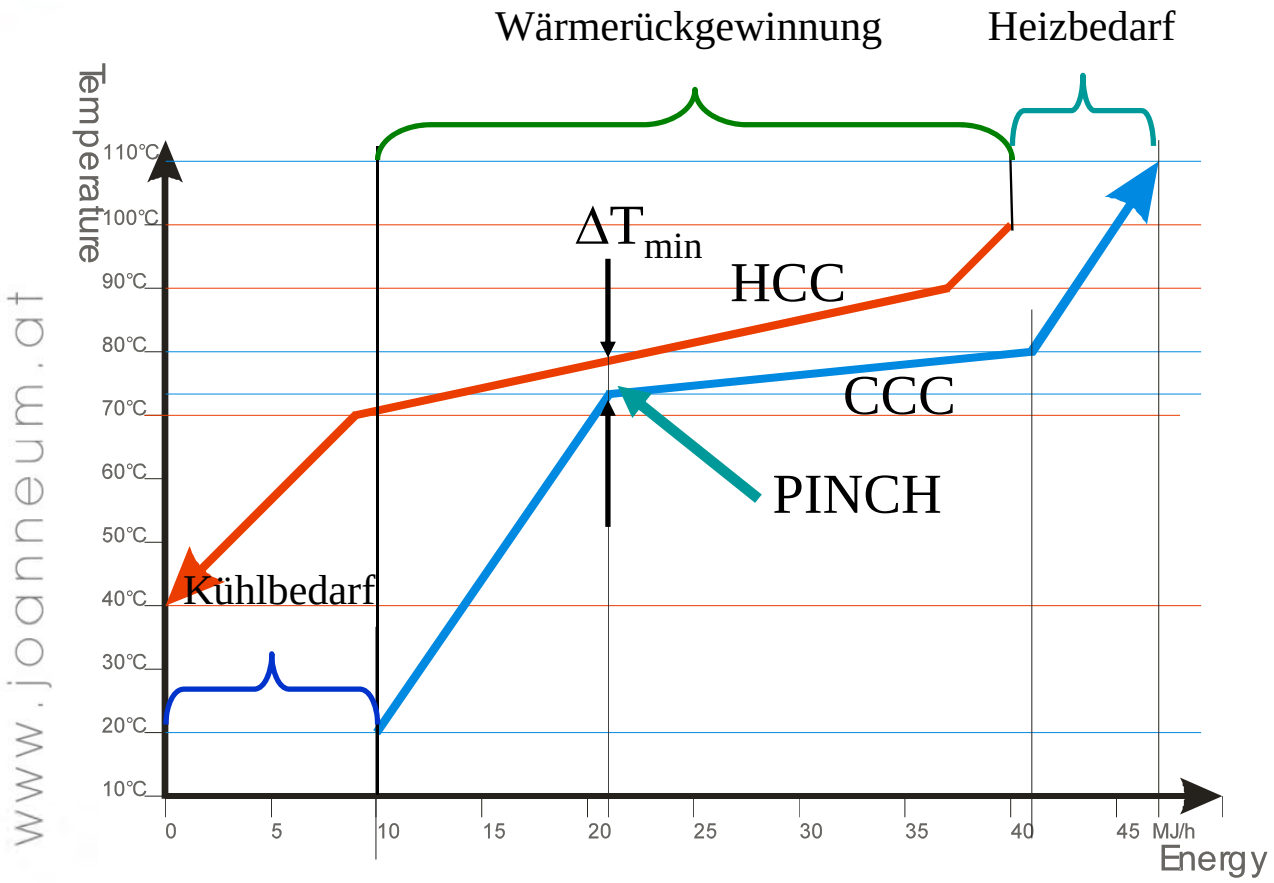
Optimierung: CCC and HCC



www.joanneum.at

aus TRADITION

Optimierung: HCC und CCC



www.joanneum.at

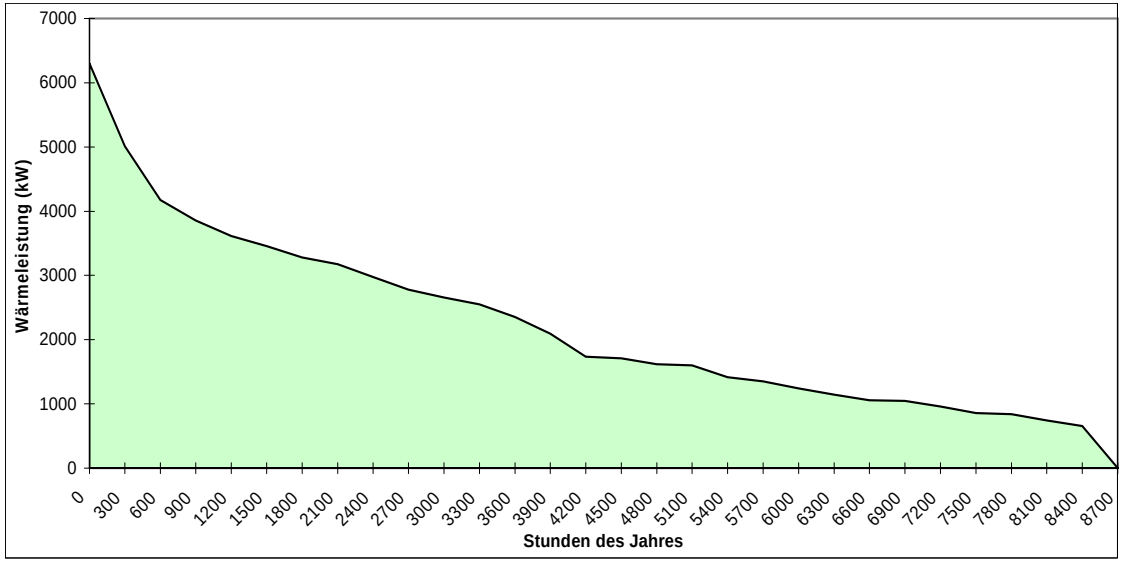
INNOVATION aus TRADITION

Kriterien für WT-Netzwerk

- Verwendung von Wärme auf einem bestimmten Temperaturniveau für das Erwärmen von anderen Strömen auf ein ähnliches Temperaturniveau
- Leistung des Wärmetausches
- Gesamte über die Wärmetauscher übertragbare Energie
- Wärmeintegration innerhalb desselben Prozesses ist bevorzugt zu behandeln – direkte Verwendung von Abwärme
- Verwendung von Wärme, die von einem Kühler gekühlt werden müsste, für einen Wärmeprozess erhöht Energieeinsparungen durch Wärmetausch, da die externe Wärmezufuhr für Wärmequelle und Wärmesenke eingespart werden kann
- Entfernung zwischen der Wärmequelle (heißer Strom) und der Wärmesenke (kalter Strom)
- Praktische Probleme wie Verschmutzungen, Notwendigkeit für indirekten Wärmetausch über Wärmeträger, Temperatur, Druckaspekte usw.
- Investitionskosten und eingesparte Energiekosten

Entwurf des Wärmetauschernetzwerks

- **Wärmebedarf- und Verfügbarkeitskurven**
- Kurven über den verbleibenden Wärmebedarf und -verfügbarkeit können als Basis für die weitere Planung der Energieversorgungssysteme erstellt werden.
- Jahreslastkurven sind ein guter Ausgangspunkt für die Planung neuer Versorgungsanlagen.



www.joanneum.at

: TRADITION

Entwurf des alternativen Versorgungssystems

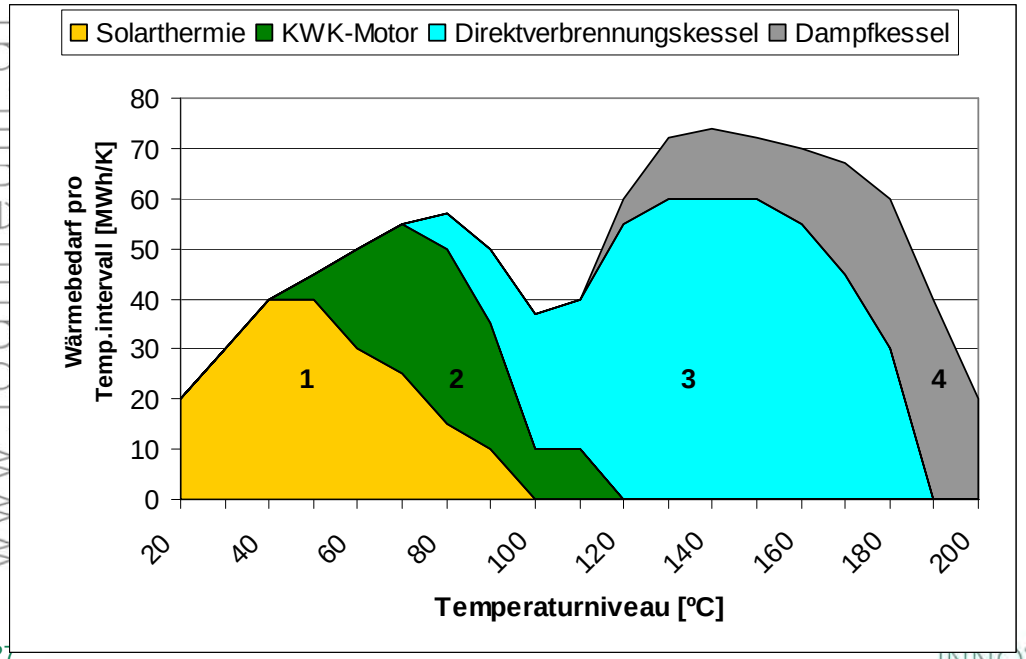
- Analyse des Gesamtenergiebedarfs (statistische Aufgliederung) unter Berücksichtigung von:
  - Temperaturniveau des verbleibenden Wärmebedarfs
  - Menge des Wärmebedarfs und verfügbare Abwärme
  - Zeitliche Verteilung des Wärmebedarfs und der Abwärme
  - Verfügbarer Raum/Dachfläche
  - Verfügbarkeit von alternativen Energieträgern und deren Kosten (Biomasse, …)

www.joanneum.at

INNOVATION aus TRADITION

Entwurf des alternativen Versorgungssystems

- **Wärmeversorgungskaskade: Wahl passender Anlagen**
- Die effizientesten Anlagen decken die Grundlast und die relativ niedrigen Temperaturen (Großteil der Betriebszeit) ab
- Spitzenlast und hohe Temperaturen werden von geeigneten, weniger effizienten Anlagen gedeckt



www.joanneum.at

INNOVATION aus TRADITION

Ansätze der Optimierung

Technologieoptimierung - Optimierung einzelner Prozesse; Wärmeintegration im Prozess; energieeffiziente Technologien

Verbesserung des technischen Wirkungsgrades von Anlagen, Maschinen und Apparaten

Systemoptimierung; energieeffiziente Produktion; Wärmerückgewinnung, Pinch Analyse

Energiemanagement; Lastmanagement, Monitoring

Erneuerbare Energieversorgungskonzepte; Einsatz erneuerbare Energien für Produktionsprozesse

Grüne Brauerei

- **Null CO2 Emission in der Brauindustrie - Entwicklung einer methodischen Vorgangsweise für die Umsetzung innovativer Energiekonzepte in österreichischen Brauereien**
- **Erstellung eines Branchenkonzepts**
- **Anwendung an drei österreichischen Brauereien**

CO2NEUTRAL Grüne Brauerei

INNOVATION aus TRADITION

www.joanneum.at

Zielsetzung

- Erhebung und Monitoring – Entwicklung eines Messnetzwerks
- Energetische Minima verschiedener Produktionsprozesse in einer Brauerei
- Exergetische Analyse verschiedenster erneuerbarer Energietechnologien
- Durchführung von umsetzungsorientierten Fallbeispielen an drei Brauereien
- Entwicklung einer methodischen Vorgangsweise in Form eines Leitfadens (Branchenkonzept) zur Anwendung für weitere Brauereibetriebe.

Grüne Brauerei - Projektübersicht

AP 2

Basis: GÖSS

- Datenaufnahme, Energiebilanz
- Messnetzwerk
- Optimierungen, BAT

AP 3

- Pinch Analyse
  - Wärmetauscher
  - Verfügbare Wärme für Absorptionskälte
- Neue E Versorgung
  - Biogas
  - Solar
  - Absorptionskälte

AP 4

- FALLBEISPIELE

AP 2

- Minimaler Energiebedarf
  - Thermodynamische Möglichkeiten
  - Brautechnische Möglichkeiten
- Neue Technologien

BRANCHENKONZEPT

AP 5

Umsetzungen in bestehenden Brauereien

BRAUEREI 2020

INNOVATION aus TRADITION

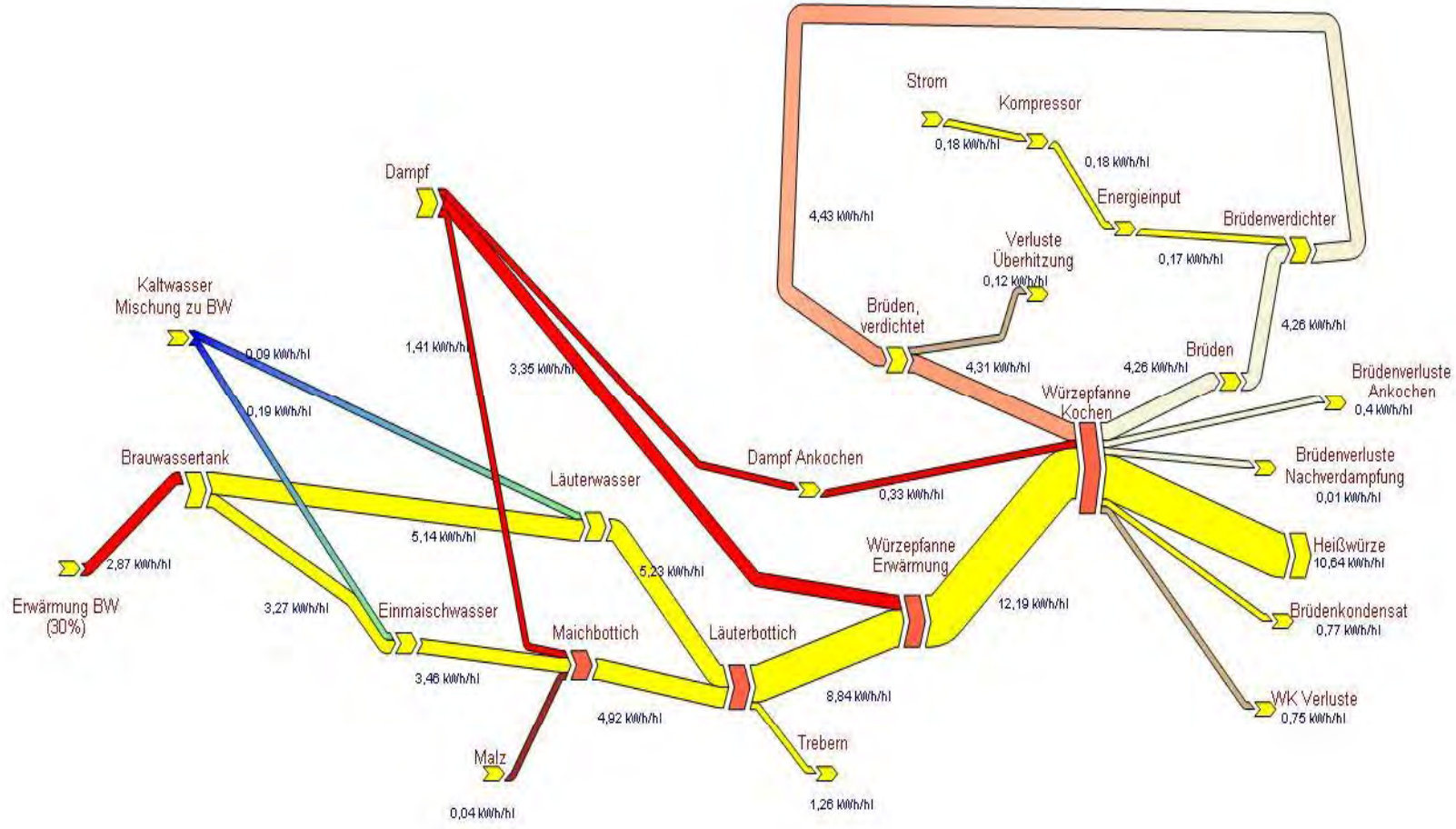
Energiebilanzen - Messnetzwerk

- Grundlage für Energiebilanz ist die Erhebung von Stoff- und Energieflüssen der einzelnen Prozesse
- Dabei wurden bestehende Daten bzw. Daten aus Messungen verwendet
- Entwicklung einer Methode zur raschen Erstellung von Messnetzwerken
- Messnetzwerk im Branchenkonzept (welche Daten sind notwendig um Aussagen über Optimierungspotentiale ableiten zu können)

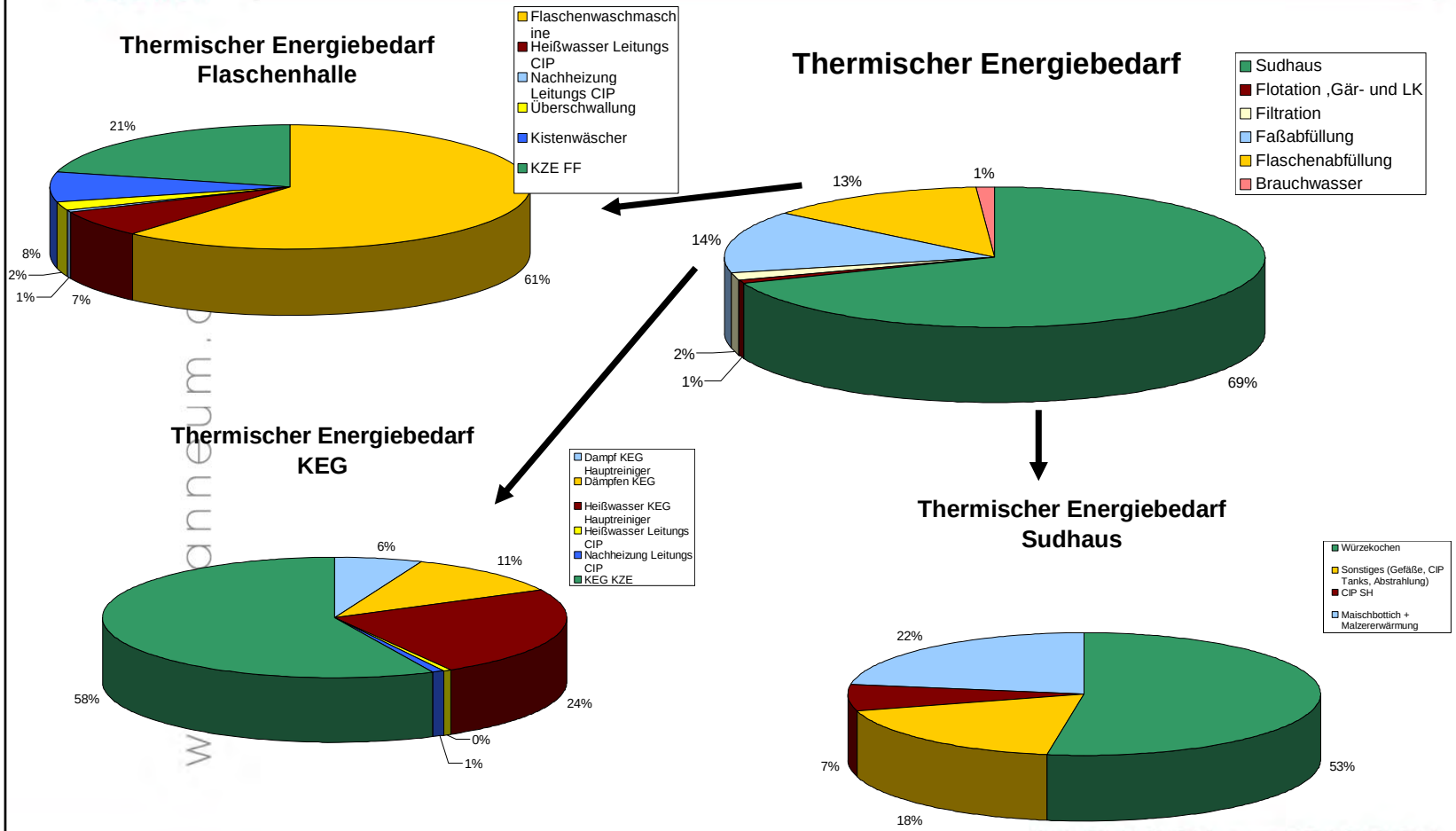
Energetische Minima

- Festlegung von energetischen Minima (minimaler thermodynamischer Energiebedarf der Unit Operations) für die energieintensiven Prozesse
  - bestehenden Daten aus Literatur und
  - theoretischen Berechnungen aufgrund von Prozessparametern.
- Ergebnis
  - Zusammenstellung des theoretisch zu erreichenden Energiebedarfs auf Basis der Produktionsparameter,
  - der Vergleich von tatsächlich erreichten Verbrauchswerten und den Einsparpotentialen von energieeffizienten Technologien

Fallbeispiel Göss - Energieverteilung

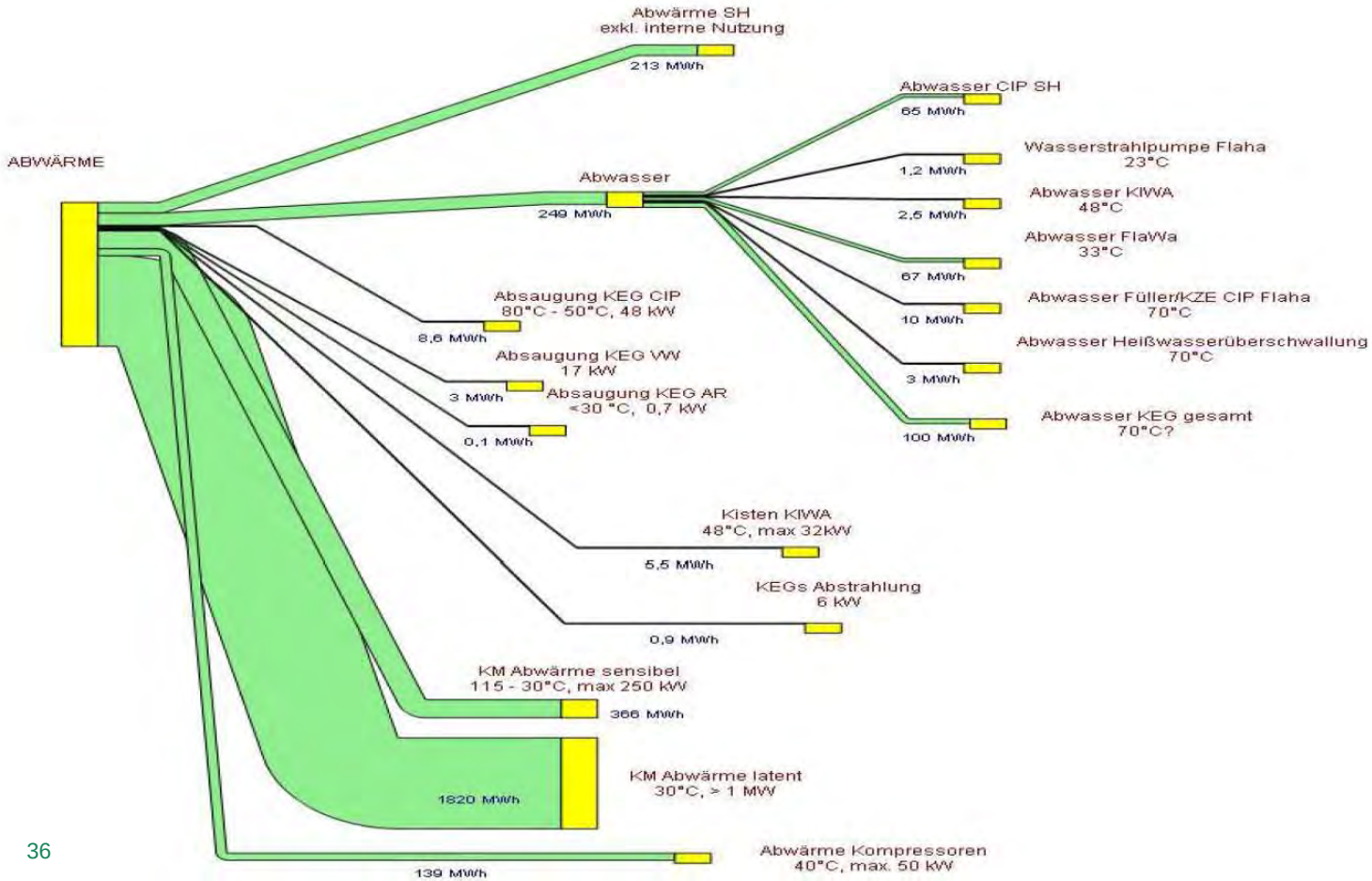


Verteilung des Energiebedarfs



INNOVATION aus TRADITION

Energiebilanz - Abwärme



Maßnahmen zur Energieoptimierung in Göss

- Wärmerückgewinnung aus dem heißen Abwasser nach der Sudhaus CIP, Bereitstellung von 110 m³ Warmwasser mit 70 °C;
- Nutzung der Brüdenabwärme während des Ankochens im Sudhaus, Bereitstellung von 120 m³ Heißwasser mit 90 °C;
- Nutzung der Kondensatübertemperatur im Sudhaus und Bereitstellung von 120 m³ Heißwasser mit 90 °C bzw. Schließung des Kondensatnetzes;
- Wärmerückgewinnung aus dem heißen Abwasser aus der KEG Reinigungsanlage, Bereitstellung von ca. 200 m³ Warmwasser mit 65 °C;
- Nutzung des Überwassers in der KEG Anlage zur Vorwärmung;
- Optimierung des regenerativen Anteils des KZE in der Flaschenhalle;
- Austausch des Speisewasserkessels (schon realisiert);
- Optimierte Kesselspeisewassererwärmung durch Speisewasserunterkühlung vor dem Economizer.

INNOVATION aus TRADITION

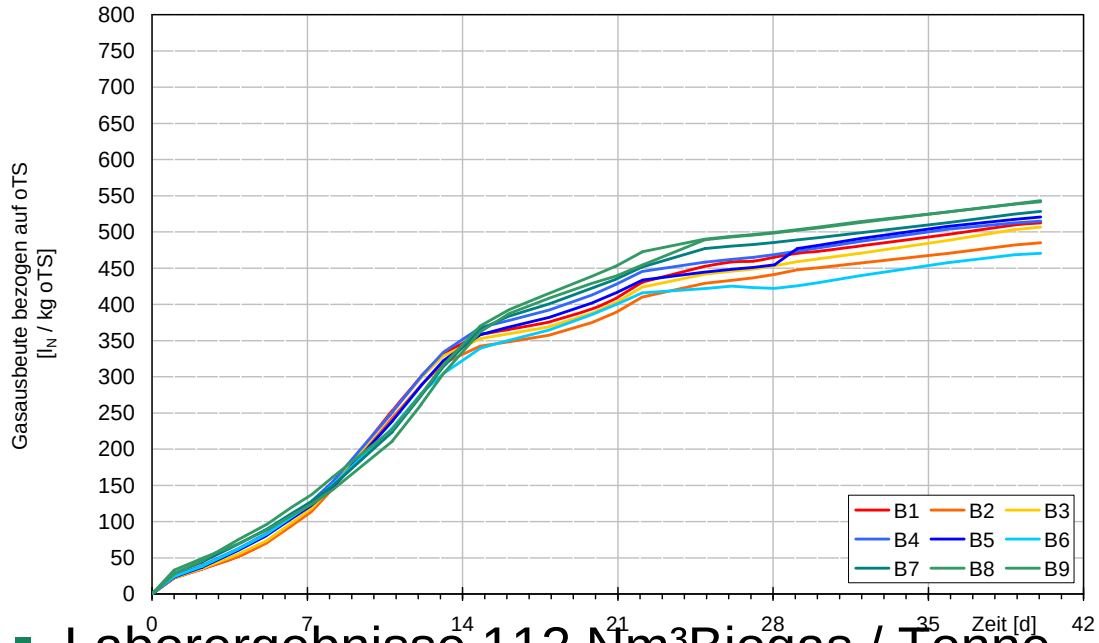
Erneuerbare Energie

- Biogas
- Solar
- KWK
- Absorptionskälte

www.joanneum.at

INNOVATION aus TRADITION

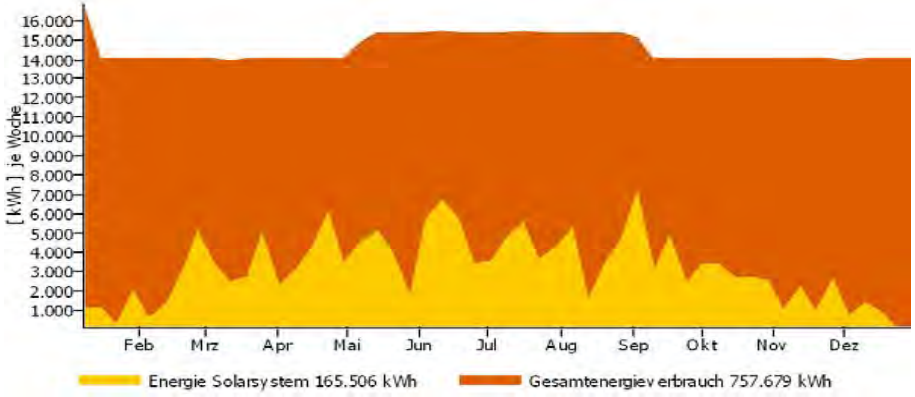
Bigas Batchgärversuche



- Laborergebnisse 112 Nm³Biogas / Tonne Frischtreber (mittleren Methananteil von 67 %)
- Kessel mit 90 % Umwandlungseffizienz können damit 9.000 MWh/a erzeugt werden bzw. bei einem Ausstoß von 900.000 hl Bier 36 MJ/hl

Solarthermie

- Prinzipiell ist in Brauereien der Einsatz von Heißwassersystemen zur Versorgung von Anlagen, insbesondere in den Abfüllungen (Flaschenwaschmaschine, Pasteur) zu empfehlen. Auf Grund der dadurch niederen Temperaturen in den Leitungen, Energiespeicher und Wärmetauscher können Systemverluste, reduziert werden.
- Eine Integration von solarer Prozesswärme ist technisch sinnvoll, die Wirtschaftlichkeit ist in Abhängigkeit der Globalstrahlung und der Effizienz der eingesetzten Kollektoren zu analysieren.



www.joanneum.at

Kraft-Wärme-Kopplung

- Der Einsatz von KWK Anlagen ist sinnvoll, wenn genügend Wärmebedarf bei 90°C zur Verfügung steht
- Bei Produktionsstandorten, die über einen Pfannendunstkondensator verfügen und die Wärme aus den Enthitzern der Kältemaschinen bei relativ hohem Temperaturniveau (T=70-80°C) generieren können, wird der Einsatz von KWK Anlagen daher nur sinnvoll sein, wenn die Abwärme zur Kälteproduktion bestimmter Bereiche (z.B. Hefekühlung, Brauwasserkühler) über eine Absorptionskälteanlage sinnvoll eingesetzt werden kann.

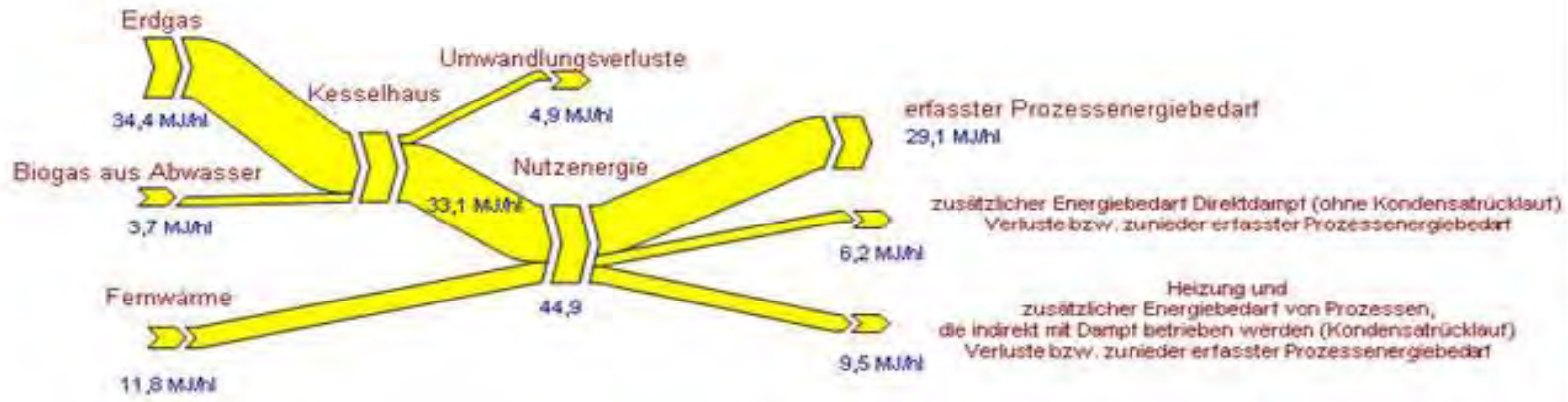
Absorptionskälteanlage

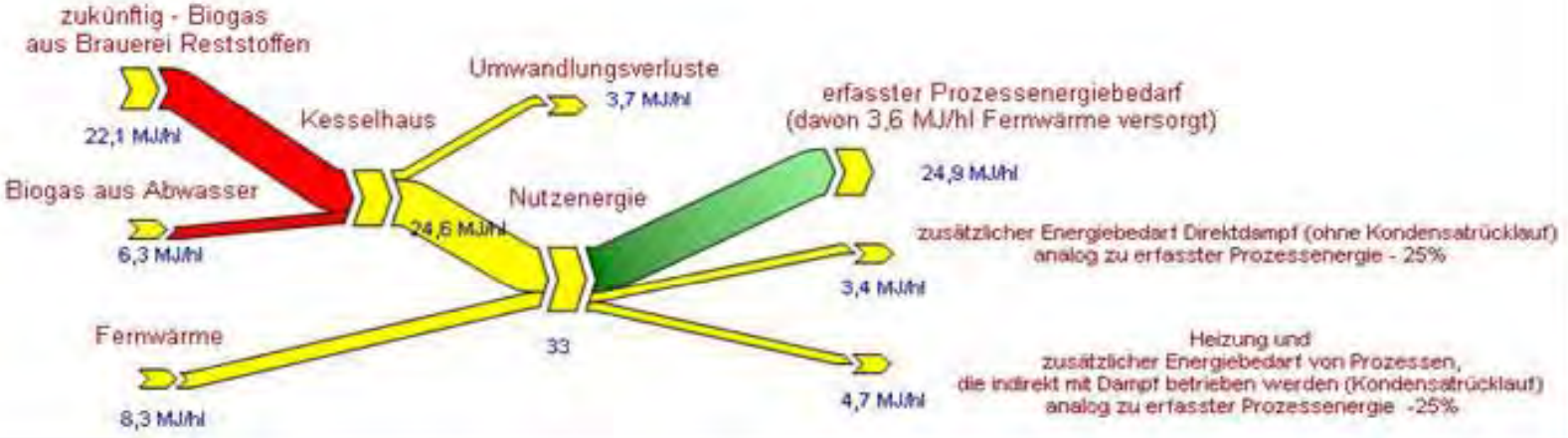
- Der Einsatz von Absorptionskälteanlagen ist in Brauereien insbesondere für die Deckung des Kühlbedarfs im Bereich der Hefekühlung und des Brauwasserkühlers interessant
- Wichtig dabei ist die Sicherstellung eines Kaltwasserspeichers, um der Absorptionskälteanlage einen weitgehend konstanten Betrieb zu ermöglichen.
- Konzept von Fa. Pink für Brauerei Göss

Energieversorgung Göss

- der Gesamtenergiebedarf schon während der Projektbearbeitung (ohne Heizung) in den Sommermonaten auf 45 MJ/hl gesenkt werden konnte (erreicht durch Optimierung im Kondensatsystem und Kesselhaus),
- eine Wirkungsgradsteigerung durch Optimierung des Speisewassertanks im Kesselhaus möglich ist (Annahme 2-3 % Effizienzsteigerung),
- durch die Wärmerückgewinnung 25 % des erfassten Prozessenergiebedarfs bzw. 2.500 MWh/a Nutzenergie eingespart werden können (entsprechend 2.800 MWh Endenergie bei zukünftiger 90 %-iger Umwandlungseffizienz),
- der optimierte Biogaseinsatz aus dem Betriebsabwasser den Energiebedarf um 5 % senken konnte,
- der verbleibende Energiebedarf nach Umsetzung aller Maßnahmen vollständig von Biogas aus Trebern (bzw. Brauereireststoffen) mit einem Energieinhalt von 36 MJ/hl gedeckt werden kann.

Energieversorgung jetzt und zukünftig





Branchenkonzept

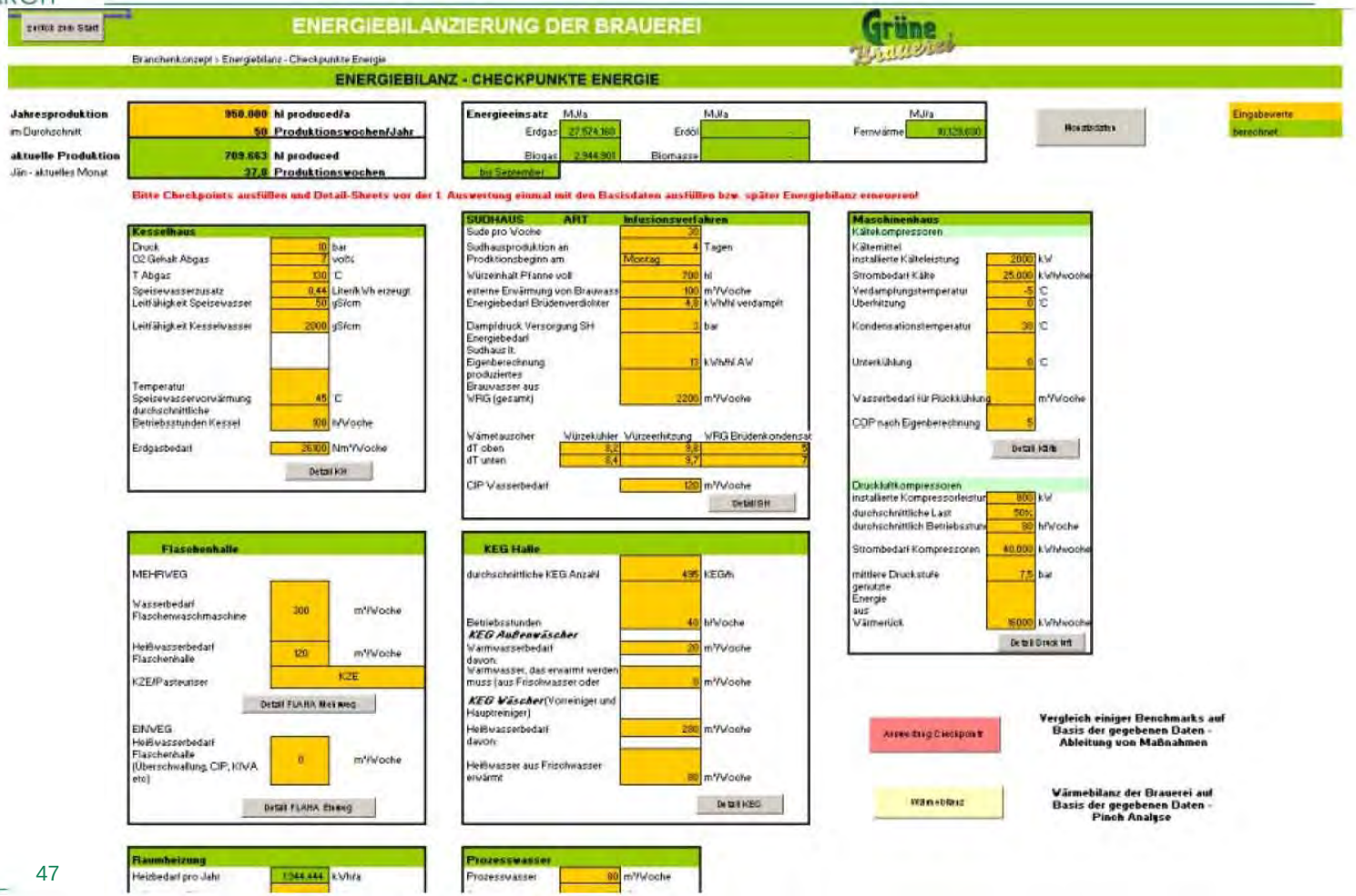
- einen raschen Vergleich der wichtigsten Energie-Benchmarks für die gesamte Produktion sowie für einzelne Teilbereiche
- einfache Erstellung einer detaillierte Energiebilanz für den Brauprozess
- Übersichtliche Zuordnung zielführender Optimierungsmaßnahmen zu Produktionsprozessen und Energieversorgungseinheiten
- die Berechnung des Potentials der Wärmerückgewinnung
- konkrete Möglichkeiten der Integration von erneuerbarer Energie (Solarthermie, Biogas, Biomasse, Geothermie)
- Kompendium an den „Best verfügbaren Technologien“ für die Produktionsprozesse einer Brauerei
- Berechnung des Potentials der Energieerzeugung aus den brauereiinternen Reststoffen (z.B. Biogas aus Treber)

Branchenkonzept

www.joanneum.at

INNOVATION aus TRADITION

Branchenkonzept Energiebilanz



Branchenkonzept Prozessoptimierung

zurück

Prozessoptimierung

Teile der Brauerei

Kesselhaus	Optimierungsmöglichkeiten im Kesselhaus aus praktischer Erfahrung (Energy Service Friesenbichler GmbH).	Kesselhaus Maßnahmenkatalog
Kälteprozesse	Optimierungsmöglichkeiten von Kälteprozessen mit Literaturreferenzen. Detailbericht "Potential des Einsatzes von Absoprtionskälteanlagen in Brauereien (Pink Energie & Speicherntechnik GmbH)	Kühlprozess Maßnahmenkatalog
Sudhaus	Zentrale Optimierungsmaßnahmen als Ergebnis des Projektes "Green Brewery". Anlagentechnische Optimierungsmöglichkeiten mit Literaturreferenzen	Sudhaus Maßnahmenkatalog
Flaschen und KEG Reinigung	Zentrale Optimierungsmaßnahmen als Ergebnis des Projektes "Green Brewery". Anlagentechnische Optimierungsmöglichkeiten mit Literaturreferenzen	Flaschen und KEG Maßnahmenkatalog

Branchenkonzept - neue Energie

zurück

Maßnahmenkatalog

Branchenkonzept > NEUE Energieversorgung

NEUE ENERGIEVERSORGUNG

Potential für eine Grüne Brauerei aus eigenen Energiequellen

Möglichkeiten zur neuen thermischen Energieversorgung		Case Studies - Outcome
Biogas	Biogas can be produced in breweries from waste water pretreatment plants or from biogenic residues. It can be used in several conversion technologies for thermal and electrical energy use, e.g. for co-combustion in central gas boilers. Load management is important to ensure the use of all biogas produced. [4,8]	Green Brewery results on load management: Intelligent regulation of the biogas production, storage and re-use in the boiler, also at low boiler load, can enhance the use of the produced biogas and limit the necessity of burning off the biogas. Green Brewery results on biogas from residues: Lab studies of fermentation of different biogenic starter, including draff and mixtures with other waste residues show the potential for biogas production beside the use of waste water.
Biomass	Combustion of wood chips or pellets in biomass boiler. Prices and supply logistics can affect applicability. Draff is tried in a band press and then burned in a biomass boiler. In addition methane gas from water water treatment plants might also be used in the boiler. For start-up periods pellets or wood chips can be fed to the boiler. [52,53]	Green Brewery results: A draff burner has been in use for several years at the brewery, showing the importance of efficient drying and ideal burner concepts for an economic implementation.
Photovoltaic panels		
Solar thermal	Solar thermal panels are installed ideally on roof tops to supply hot water. In addition PV panels can supply electricity. PV panels however are quite expensive and thus might not be cost effective. Due to seasonal variations of solar radiation, solar thermal heating can only be used as additional heating system. [8,]	Green Brewery results: The potential for economic realisation of solar thermal energy for large breweries depends much on the warm water household and water demand in the bottling/filling processes. The Austrian case studies show that waste heat at low temperature is sufficient for supplying the low temperature processes. Solar thermal needs to be integrated at a higher temperature level.
District heating	Hot water is supplied from a district heating grid. Replaces boiler units. Less maintenance work and constant price development. Hot water is supplied at 120 deg C and can be used via heat exchangers in sterilization and in an external wort boiler. Affordable option to substitute old heating systems. [2]	Green Brewery results: District heating from a neighbouring ORC plant is integrated into hot water system, supporting the energy demand in the bottling section, the wort preheating processes as well as rinsing heating.
Geothermal energy		Geothermal energy has been evaluated for an Austrian brewery showing positive results.
Heat Pumps		

www.joanneum.at

Auszeichnungen

- Styrian Energy Globe 2009 Kategorie Feuer

- Ögut Umweltpreis 2009
  Monika Polster Umweltpreis

www.joanneum.at

JOANNEUM RESEARCH

GREEN BREWERY

VIELEN DANK!

CO$_2$NEUTRAL Grüne Brauerei

www.joanneum.at

Projekt-Konsortium
Green Brewery

BRAU UNION ÖSTERREICH

JOANNEUM RESEARCH
Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme
AEE INTEC
Steirische Gas Wärme
Fischer Wärmetauscher
Friesenbichler GmbH