

BMUB-UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM

Abschlussbericht

zum Vorhaben:

„Innovative, integrierte Teiggarung und Prozesskühlung mit höchster Energie- und Rohstoffeffizienz bei minimalem Einsatz von Zusatzstoffen“

Vorhabensnummer: 20251

Fördernehmer/-in:

Klaus Fahlenbock Bäckerei und Café

Umweltbereich

(Klimaschutz, Energie)

Laufzeit des Vorhabens

02.05.2013 – 15.01.2014

Autoren

Klaus Fahlenbock

Wolfram Ungermann, Daniela Derißen, Andreas Kunsleben

Gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Datum der Erstellung

30.10.2014

Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen UBA	Vorhaben-Nr. 20251
Titel des Vorhabens / Report Title	
Innovative, integrierte Teiggärung und Prozesskühlung mit höchster Energie- und Rohstoffeffizienz bei minimalem Einsatz von Zusatzstoffen Innovative, integrated dough fermentation and process cooling with highest energy and raw material efficiency using a minimum of additives.	
Autor(en), Name(n), Vorname(n) Klaus Fahlenbock, Klaus Fahlenbock Bäckerei und Café Wolfram Ungermann, Wolfram Ungermann Systemkälte GmbH & Co. KG Daniela Derißen, Andreas Kunsleben, prisma consult GmbH / Effizienz-Agentur NRW	Vorhabensbeginn 02.05.2013
	Vorhabenende (Abschlussdatum): 15.01.2014
Fördernehmer / -in (Name, Anschrift) Klaus Fahlenbock Bäckerei und Café Untere Straße 25 51688 Wipperfürth	Veröffentlichungsdatum 30.10.2014
	Seitenzahl 39
Gefördert im Rahmen des Umweltinnovationsprogramms des Bundesumweltministeriums	
Kurzfassung / Summary	
Mit der Realisierung des Systems aus Gärvollautomaten, Kühl-, Gefrier- und Lagereinrichtungen sollte nachgewiesen werden, dass die für den Bereich des Backhandwerks komplett neuartige Produktionstechnik die optimierte Produktion von handwerklich produzierten Qualitätsbackwaren bei einer gleichzeitigen Reduktion von Rohstoff-, Betriebsmittel- und Energieverbrauch möglich ist. Mit der Umsetzung des Projekts sollte der Anteil der aus Qualitätsmängeln zu entsorgenden Produkte von 7 % auf unter 2 % gesenkt werden. Aufgrund der angestrebten Prozessstabilität und Harmonisierung sollte der Einsatz von Backhefen in den Rezepturen von 3 % auf 1,5 % und von Backhilfsmitteln von 3,5 % auf 2 % gesenkt werden. Der Energieverbrauch der Gesamtanlage sollte sich im Vergleich zum ursprünglichen bestehendem Betrieb halbieren. Die erwarteten Umweltziele konnten in Teilbereichen (Mehlverbrauch, Einsparung 13,8 % statt 5 %; Backvormischungen, Einsparung 14,26 % statt 5 % und Energiebedarf elektrisch, Einsparung 69 % statt 48,6 %) elektrisch deutlich übertroffen werden. Bei den eingesetzten Backhilfsmitteln und Hefen konnten die Einsparungen nicht in voller Höhe erreicht werden. Der deutlich verminderte Verbrauch an Roh- und Hilfsstoffen sowie des benötigten Energieeinsatzes führen zu einer tatsächlichen Reduktion des CO₂-Ausstoßes um nahezu 70 t CO₂ pro Jahr, statt der geplanten CO₂-Reduzierung von 46 t CO₂ pro Jahr, bezogen auf einen Jahresumsatz mit Backwaren von 1,1 Mio €. Die Material- und Energieeinsparungen belaufen sich auf 56.840,04 € per anno und erlauben eine statische Amortisation des Vorhabens nach ca. 5,3 Jahren. Die Gesamtkosten des Vorhabens betrugen 264.222,63 €.	

Der Neuheitswert des Vorhabens besteht darin, dass erstmals für das Bäckereihandwerk eine innovative und integrierte Teiggärung und Prozesskühlung mit höchster Energie- und Rohstoffeffizienz bei minimalem Einsatz von Zusatzstoffen demonstriert werden konnte. Aufgrund seiner zahlreichen technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Vorteile hat das Vorhaben Modellcharakter für viele hundert Bäckereibetriebe in Deutschland.

The aim of implementing the system (consisting of a fully automatic fermentation machine as well as cooling, freezing and storing facilities) was to verify that the completely innovative production technology in the bakery industry using optimized production processes of crafted quality pastries, while at the same time reducing raw materials, operating resources and energy consumption, is feasible.

With the implementation of the project, the proportion of products to be disposed of due to quality failures, was supposed to be reduced from 7% to under 2%. Because of the desired process stability and harmonisation, the use of baker's yeast in the recipes and baking aids was supposed to be reduced from 3% to 1.5% and from 3.5% to 2% respectively. The energy consumption of the complete plant is set to halve, compared with the original operation.

In some fields the expected environmental objectives (flour consumption: savings of 13.8%, as opposed to 5%; pre-mixes: savings of 14.26%, instead of 5%; electrical energy demand: savings of 69%, as opposed to 48.6%) could be exceeded significantly. As for the used baking aids and yeast, the savings could not be achieved entirely. The considerably reduced consumption of raw materials and supplies as well as the required use of energy has resulted in an actual reduction of CO₂ emissions by virtually 70 tons of CO₂ per annum, as opposed to the planned CO₂ reduction of 46 tons of CO₂ per annum, referring to an annual pastry turnover of € 1.1 m.

Material and energy savings amount for € 56,840.04 per annum and allow a statistic amortisation of the project after approx. 5.3 years. The total costs of the project were € 264,222.63.

The novelty value of the project is that an innovative and integrated dough fermentation and process cooling with highest energy and raw material efficiency using a minimum of additives could be demonstrated for the bakery craft for the first time. Due to numerous technical, economic and ecological benefits, the project serves as a role model for hundreds of bakeries in Germany.

Schlagwörter / Keywords

Gärvollautomat, Teiggärung, Prozesskühlung, Rohstoffeffizienz

Fully automatic fermentation machine, dough fermentation, process cooling, raw material efficiency

Anzahl der gelieferten Berichte

Papierform: 10

Elektronischer Datenträger: 1

Sonstige Medien

EFA-Loseblattsammlung

Kurzfassung

Ausgangssituation

Die Bäckerei Klaus Fahlenbock Bäckerei und Café ist eine feste Größe auf dem Einkaufszettel der Feinschmecker der Region. Traditionelles Backhandwerk, beste Zutaten und vielfältige, frische Produkte garantieren leckere Backwaren, die zur gesunden Ernährung beitragen. Im harten Wettbewerb mit Billigbäckern und Industriebetrieben setzt die Bäckerei Fahlenbock auf das Qualitäts- und Umweltbewusstsein ihrer Kunden. Die bisherige Betriebsstätte in Wipperfürth-Wipperfeld sollte geschlossen und stattdessen eine neue Produktionsstätte im Industriegebiet von Wipperfürth aufgebaut werden. Der Backbetrieb war branchentypisch über viele Jahre am Standort gewachsen und verfügte prinzipiell über alle grundlegenden Verfahren, die auch der neue Backbetrieb aufweisen sollte. Allerdings sollte erstmalig für den Backbetrieb eine innovative, integrierte Teiggärung und Prozesskühlung mit höchster Energie- und Rohstoffeffizienz bei minimalen Einsatz von Zusatzstoffen verwirklicht werden, die über konventionelle Prozesse und bereits umgesetzte Konzepte im Bäckereihandwerk erheblich hinaus geht.

In konventionellen Bäckereien werden Kühlräume, Tiefkühl-Räume und Gärvollautomat mit einzelnen Kältemaschinen versehen, die jeweils beim Anlaufen viel Strom benötigten und keine optimale Abkühlung/Lagerung gewährleisten, da beim Abkühlen eine hohe Leistung und bei Lagerung eine geringe Leistung erforderlich ist. Alle Gärvollautomaten müssen während der Lagerung der Teiglinge befeuchtet werden, was bisher branchentypisch mit Dampfgeneratoren erfolgte. Diese Geräte haben Anschlussleistungen von ca. 4,5 - 7,5 kW. Der Dampf wird in die Gärvollautomaten während der Auftau- und Gärphase eingebracht und erhöht die Temperatur so schnell, dass wieder gegengekühlt werden muss, um die Temperatur im zulässigen Bereich zu halten bzw. in diesen zurückzuführen. Um den Prozess leidlich stabil zu halten, muss gegen die Befeuchtung (Energiezufuhr per Dampf) gekühlt werden. Qualitätsprobleme durch zu große Temperaturschwankungen und Kondensatbildung sind die Folge.

Die neue eingesetzte Gärtechnik erlaubt eine neuartige, ideale Befeuchtung in allen Prozessbereichen und führt durch die hohe Prozessstabilität zur nahezu vollständigen Vermeidung von Ausschuss. Zudem wird durch das präzise Einhalten von Feuchtigkeits- und Temperaturparametern nahezu eine Halbierung des Einsatzes von Hefe und Backhilfsmitteln erreicht. Insbesondere letztere haben in der Praxis oft die Aufgabe unvollkommene Prozessführungen durch ein Mehr an Chemie auszugleichen.

Ziel des Vorhabens

Das Vorhaben "Innovative, integrierte Teiggärung und Prozesskühlung mit höchster Energie- und Rohstoffeffizienz bei minimalem Einsatz von Zusatzstoffen" stellte die erstmalige industrielle Anwendung dieses neuartigen Produktionsverfahrens im Bäckereihandwerk dar. Die geplante innovative Teiggärung und Prozesskühlung generiert deutliche Umwelteffekte auf Basis des Einsatzes innovativer Technologien. Diese für den Bereich des Backhandwerks komplett neuartige Produktionstechnik erlaubt die optimierte Produktion von handwerklich produzierten Qualitätsbackwaren bei einer gleichzeitigen Reduktion von Rohstoff-, Betriebsmittel- und Energieverbrauch.

Im Fokus der Anstrengungen zur Errichtung eines modernen und effizienten Backbetriebes stand vornehmlich der Bereich der Teiggärung sowie die notwendige Infrastruktur zur Kühlung und Tiefkühlung von Backteigen – nur für diesen Bereich wurde eine Förderung im BMUB-Umweltinnovationsprogramm erteilt. Im modernen Bäckereiprozess stellen diese Prozesse das

eminente wichtige Bindeglied zwischen der Teigherstellung (Mischen, Kneten) und dem Backofen dar und werden dennoch häufig nur als periphere Versorgungseinheit gesehen. Hier bestehen in modernen Bäckereien erhebliche Effizienzpotentiale in Bezug auf den Rohstoffeinsatz und den Energieverbrauch. Der Gärvorgang beeinflusst zudem die Produktqualität maßgeblich.

Durch den Einsatz innovativer Komponenten und deren Integration in ein Verbundkonzept wird eine erheblich bessere Ausnutzung der Rohstoffe erreicht, insbesondere da im Bereich Gärung bisher als unvermeidbar angesehene Produktionsfehler künftig ausgeschlossen werden können.

Durch unzureichende Durchfeuchtung und Lagerfähigkeit der Teiglinge bzw. Backprodukte mussten bei Fahlenbock ca. 7 % der diesen Prozessbereich durchlaufenden Produkte wegen Qualitätsmängeln entsorgt werden. Dieser Anteil sollte auf unter 2 % sinken. Durch die angestrebte Prozessstabilität und Harmonisierung sollte der Einsatz von Backhefen in den Rezepturen von 3 % auf 1,5 % und von Backhilfsmitteln von 3,5 % auf 2 % gesenkt werden. Der Energiebedarf der Gesamtanlage sollte sich im Vergleich zum ursprünglichen bestehendem Betrieb halbieren und damit den Stand der Technik weit übertreffen.

Die nachfolgende Tabellen zeigen die geplanten Umwelteffekte bei Antragstellung auf:

- Senkung des Mehlerverbrauchs um 5 % (= 6.000 kg/a)
- Reduktion der Backvormischungen um 5 % (= 1.353 kg/a)
- Senkung des Einsatzes an Backhilfsmitteln um 45,7 % (= 1.920 kg/a)
- Reduktion des Hefeeinsatzes um 52,5 % (= 1.890 kg/a)
- Senkung des Energiebedarfs um 48,6 % (= 85.000 kWh/a)

Tabelle 1: Geplante spezifische Verbräuche und Umweltentlastungen bei Antragstellung

	Mehlverbrauch [kg]	Backvor- mischungen [kg]	Backhilfs- mittel [kg]	Hefen [kg]	Energie elektr. [kWh]
Konventionell	120.000	27.050	4.200	3.600	175.000
Rezepturanteil %	-	-	3,50%	3%	-
Zielwert Innovativ	114.000	25.698	2.280	1.710	90.000
Rezepturanteil %	-	-	2%	1,50%	-
Einsparung	6.000	1.353	1.920	1.890	85.000
Einsparung %	5,0 %	5,0 %	45,7 %	52,5 %	48,6 %
CO ₂ -Einsparung in kg	2.100	473	k.A.	k.A.	43.180

Darüber hinaus wurden erhebliche Qualitätsverbesserungen bei den Produkten erwartet, wie z.B. längere Rösche, zartsplitterige und dickere Kruste, eine frischere Krumme, gleichmäßigeres Volumen sowie verbesserte Backeigenschaften.

Technische Lösung

Das neue an dem Anlagenkonzept ist eine hochspezifizierte Ausführung unter Einsatz modernster Produktions- und Energiespartechniken. Das Konzept ist das Ergebnis eines ganzheitlichen Planungs- und Produktionsverständnisses wie es im Handwerk – anders als bei Industrieanlagen – selten angewendet wird.

Errichtet werden sollte ein System aus Gärvollautomaten, Kühl-, Gefrier- und Lagereinrichtungen, das innovativ die Technik und die ganzheitliche Anlagenplanung verbindet und in dieser Form erstmals im Handwerk realisiert werden sollte. Alle Systemkomponenten sind individuell aufeinander abgestimmt und für die Leistungsbedürfnisse von Fahlenbock konstruiert – es handelt sich nicht um die Kombination von Standardelementen. Effizienzverluste durch – sonst typische – Sprünge zwischen Baureihen und Geräteklassen entfallen.

Die wesentlichen Komponenten sind zudem über durch eine übergreifende, intelligente Steuerung miteinander verknüpft worden. Für alle Produkte und Produktionsrahmenbedingungen (z.B. Wochenendproduktion) wurden optimierte Programme hinterlegt, die Produkt und Fertigstellungszeitraum ideal berücksichtigen.

Nachfolgend werden die wesentlichen Komponenten des Vorhabens dargestellt:

- 2 Gärvollautomaten zur qualitativen Verbesserung der Teig- und Gebäckeigenschaften und Vermeidung von Ausschuss durch Unterstützung der optimalen Hefe- und Enzymtätigkeit bei deutlich reduziertem Energieverbrauch
- 1 Gärunterbrecher-Langzeitlagerraum zur Vorproduktion und Lagerung von Teiglingen und Gebäck über einen längeren Zeitraum, um Produktionsabläufe zu entzerren und Zusatzarbeit zu vermeiden
- 1 TK-Lagerraum zur optimalen Lagerung von Rohstoffen und Produktionsmitteln, um eine reibungslose Produktion sicherzustellen
- 1 Sahnklimaraum zur optimalen Konditionierung von Konditoreiprodukten und Vorproduktion empfindlicher Waren
- 1 DUO-Verbund-Kälteaggregat mit Verdichter-Drehzahlregelung zum Anschluss der vorgenannter 5 Anlagen (anstatt 5 Einzelaggregate)
- 1 Wärmerückgewinnungsanlage

Die eingesetzte Gärtechnik erlaubt eine neuartige, ideale Befeuchtung in allen Prozessbereichen und führt durch die hohe Prozessstabilität zur nahezu vollständigen Vermeidung von Ausschuss. Zudem wird durch das präzise Einhalten von Feuchtigkeits- und Temperaturparametern nahezu eine Halbierung des Einsatz von Hefen und Backhilfsmitteln erreicht.

Die nachfolgende Abbildung 1 zeigt schematisch das umgesetzte Anlagenkonzept:

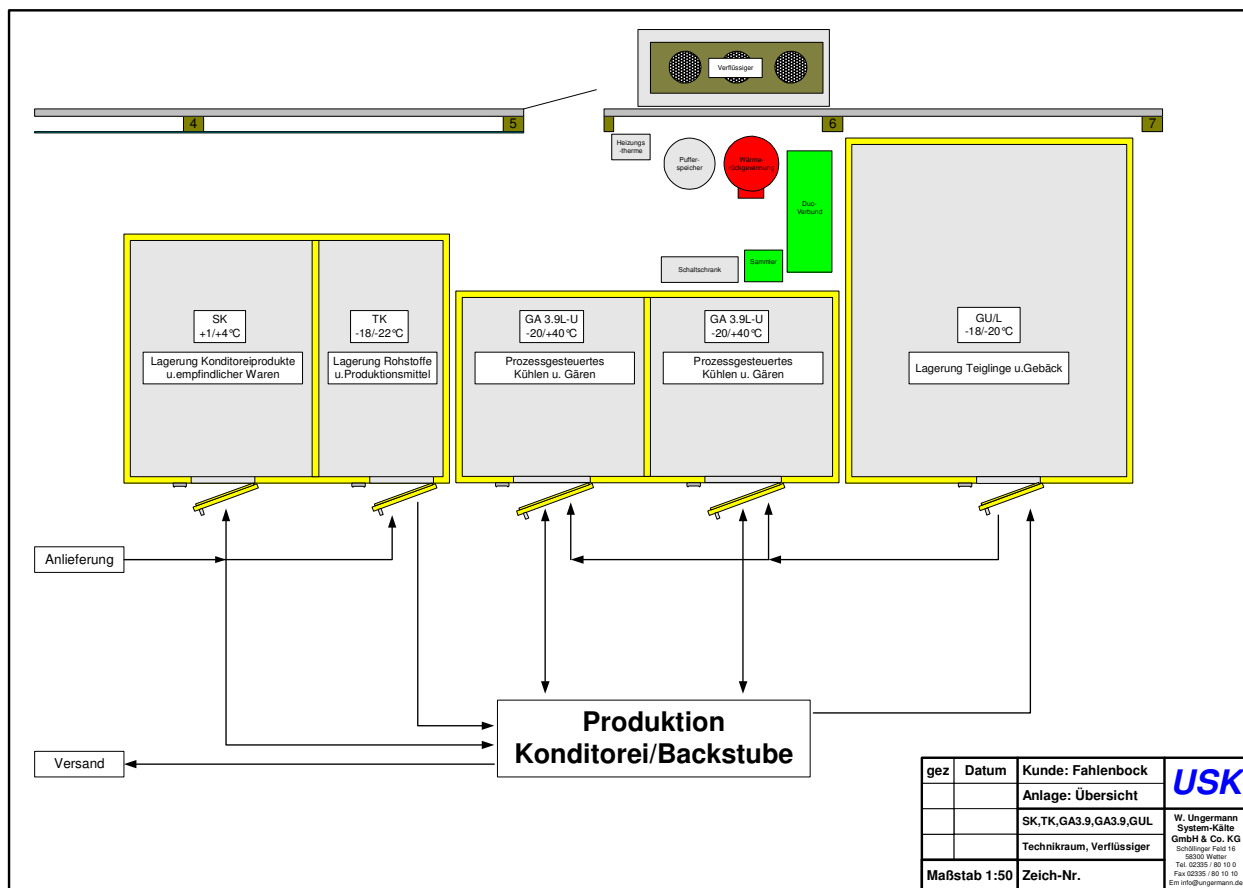


Abbildung 1: Schematische Darstellung des umgesetzten Innovativen Anlagenkonzeptes

Ergebnisse aus technischer und wirtschaftlicher Sicht und hinsichtlich der Umweltentlastung

Im Rahmen des durchgeführten Messprgramm konnten die nachfolgenden erzielten Umwelteffekte nach Vorhabensumsetzung ermittelt und belegt werden.

Tabelle 2: Realisierte Umweltentlastungen nach Vorhabensumsetzung

	Mehlverbrauch [kg]	Backvor- mischungen [kg]	Backhilfs- mittel [kg]	Hefen [kg]	Energie elektr. [kWh]
Konventionell	120.000	27.050	4.200	3.600	175.000
Rezepturanteil %	-	-	3,50%	3,00%	-
Istwert Innovativ	103.506	23.192	3.623	2174	54.329
Rezepturanteil %	-	-	3,5 %	2,1%	-
Einsparung	16.494	3.858	577	1.426	120.671
Einsparung %	13,75 %	14,26 %	13,75 %	39,62 %	68,95 %
CO ₂ -Einsparung in kg	5.773	1.350	k.A.	k.A.	61.301

Die erwarteten Umweltziele konnten in Teilbereichen (Mehlverbrauch, Einsparung 13,8 % statt 5 %; Backvormischungen, Einsparung 14,26 % statt 5 % und Energiebedarf elektrisch, Einsparung 69 % statt 48,6 %) deutlich übertroffen werden. Bei den eingesetzten Backhilfsmitteln und Hefen konnten die Einsparungen nicht in voller Höhe erreicht werden. Der deutlich verminderte Verbrauch an Roh- und Hilfsstoffen sowie des benötigten Energieeinsatzes führen zu einer tatsächlichen Reduktion des CO₂-Ausstoßes um nahezu 70 t CO₂ pro Jahr, statt der geplanten CO₂-Reduzierung von 46 t CO₂ pro Jahr, bezogen auf einen Jahresumsatz mit Backwaren von 1,1 Mio €.

Die Material- und Energieeinsparungen belaufen sich auf 56.840,04 € per anno und erlauben eine statische Amortisation des Vorhabens nach ca. 5,3 Jahren. Die Gesamtkosten des Vorhabens betrugen 264.222,63 €.

Übertragbarkeit / Maßnahmen zur Verbreitung der Projektergebnisse

Die neue eingesetzte Gärtechnik erlaubt eine neuartige, ideale Befeuchtung in allen Prozessbereichen und führt durch die hohe Prozessstabilität zur nahezu vollständigen Vermeidung von Ausschuss. Die Übertragbarkeit des innovativen Anlagenkonzeptes auf das gesamte Bäckereihandwerk ist denkbar und gegeben.

Die branchenspezifische Kommunikation dieses erfolgreichen Vorhabens erfolgte in 2013 in der Novemberausgabe des Backjournals. Darüber hinaus werden die Ergebnisse des Vorhabens über die Kreishandwerkerschaft sowie die Bäckerinnung kommuniziert. Zugleich wird diese Verfahrensumsetzung auch zusammen mit der Effizienz-Agentur NRW in der Loseblattsammlung im 2. Halbjahr 2014 veröffentlicht.

Gerade die Kommunikation einer umweltfreundlichen Technologie ist geeignet, die Standards innerhalb der Branche zugunsten eines energieeffizienten Verfahren zu verbessern.

Summary

Initial Situation

The bakery “Klaus Fahlenbock Bäckerei und Cafe“ is an integral part on every regional gourmet’s shopping list. Traditional bakery craft, best ingredients as well as various and fresh products ensure tasty pastries which contribute to a healthy nutrition. Competing against low-cost bakeries and industrial factories, the Fahlenbock bakery relies on their customers’ quality and environmental awareness. The current production site in Wipperfürth-Wipperfeld was going to be closed and a new one established in the industrial estate of Wipperfürth, instead. For many years, baking operations had been growing on the site and they had principally all the basic processes at their disposal a new baking factory should also demonstrate. However, an innovative, integrated dough fermentation and process cooling with highest energy and raw material efficiency using minimum additives was set to be implemented for the baking operations initially, exceeding conventional processes and already implemented concepts in the bakery craft.

In conventional bakeries cooling chambers, freezers and fully automatic fermentation machines are equipped with individual chillers, each of them using a lot of electricity while starting up and therefore not being able to ensure an optimal cooling/storage, as a high capacity during the cooling phase and a low one for storage is required. During the storage of the dough pieces, all fully automatic fermentation machines need to be humidified, which is usually done by steam generators. The installed power of these devices is approx. 4.7 – 7.5 kW. During the defrosting and fermentation phase, steam is brought into the fully automatic fermentation machine increasing the temperature so rapidly, that a counter-cooling must be performed, in order to keep the temperature within or to return it to the permissible range. In order to keep the process fairly stable, counter-cooling against the humidification (energy input via steam) must be carried out. Quality problems due to immense temperature fluctuations and condensation are the consequence.

Because of its high process stability, the new fermentation technology allows an innovative and ideal humidification in all process fields, leading to an almost complete avoidance of rejects. Furthermore, by precisely observing the humidity and temperature parameters, the use of yeast and baking aids could virtually be halved. In practice, especially the latter are supposed to compensate for incomplete processes by using more chemicals.

Project Aim

The project “Innovative, integrated dough fermentation and process cooling with highest energy and raw material efficiency using minimum additives“ embodied the first industrial application of this innovative production process in the bakery craft. The planned innovative dough fermentation and process cooling generates significant environmental effects, based on the use of innovative technologies. In the field of bakery craft, this completely innovative production technology allows an optimized production of crafted quality pastries with a simultaneous reduction of raw materials, operating resources and energy consumption.

The focus of the efforts to establish a modern and efficient baking operation was on the field of dough fermentation as well as on the infrastructure for the cooling and deep-cooling of baking dough – only for this area funds from the BMUB environmental innovation programme could be granted. In the modern baking process these processes are an integral link between dough production (mixing, kneading) and baking oven, yet they are quite often regarded as just a peripheral supply unit. In modern bakeries there are substantial efficiency potentials regarding the use of raw materials and energy consumption. Moreover, the fermentation process influences the product quality significantly.

By using innovative components and integrating them into a network concept, a considerably better utilization of raw materials can be achieved, as production faults in the field of fermentation which have been deemed unavoidable can be excluded in the future

Because of insufficient moisture penetration and storage capabilities of the dough pieces and baking products at Fahrenbock, 7% of the products passing this part of the process had to be disposed of due to quality failures. This part was set to decrease below 2%. Because of the desired process stability and harmonisation, the use of baker's yeast in the recipes and baking aids was supposed to be reduced from 3% to 1.5% and from 3.5% to 2% respectively. The energy consumption of the complete plant is set to halve, compared with the original operation, thus exceeding state-of-the-art technology.

The following tables show the planned environmental effects at the time of application

- Reduction of flour consumption by 5% (= 6,000 kg/a)
- Reduction of baking pre-mixes by 5% (= 1,353 kg/a)
- Reduction of the use of baking aids by 45.7% (= 1,920 kg/a)
- Reduction of the use of yeast by 52.5% (= 1,890 kg/a)
- Reduction of energy consumption by 48.6% (= 85,000 kWh/a)

Table 3: Planned specific consumptions and environmental benefit at the time of application

	Flour consumption [kg]	Baking pre- mixes [kg]	Baking aids [kg]	Yeast [kg]	Electrical energy [kWh]
Conventional	120,000	27,050	4,200	3,600	175,000
Recipe content %	-	-	3.50%	3%	-
Target value (innovative)	114,000	25,698	2,280	1,710	90,000
Recipe content %	-	-	2%	1,50%	-
Savings	6,000	1,353	1,920	1,890	85,000
Savings %	5.0 %	5.0 %	45.7 %	52.5 %	48.6 %
CO ₂ -savings in kg	2,100	473	n.s.	n.s.	43,180

In addition to that, substantial quality improvements regarding the products were expected, such as the quality and condition of the crust (flaky and thick), a fresher "Kumme", consistent volume as well as enhanced baking properties.

Technical Solution

The innovative factor of this plant concept is the highly-sophisticated execution, using state-of-the-art production and energy-saving technology. Unlike in industrial facilities, the concept is the result of a holistic planning and understanding of production in a rarely applied manner.

A system consisting of fully automatic fermentation machines, cooling, freezing and storage facilities connecting the technology and the holistic plant design in an innovative fashion were set to be established and realized in the industry for the first time. All system components are individually matched to each other and constructed for Fahrenbock's needs and are not a combination of standard elements. Efficiency losses usually caused by jumps between production series and device category can be omitted.

The essential components have been connected with each other via an overall smart controller. Optimized programmes for all products and product conditions (e.g. weekend production) have been recorded, optimally taking into consideration the product and the date of completion.

The essential components of the project are described as follows:

- 2 fully automatic fermentation machines for a qualitative improvement of the dough and pastry properties and avoidance of rejects by supporting the optimal yeast and enzyme activities with a significantly reduced energy consumption
- 1 fermentation interrupter for the pre-production and storage of dough parts and pastries over a longer time period in order to stagger production processes and avoid additional work
- 1 freezer storage room for the optimal storage of raw and production materials in order to ensure a smooth production
- 1 cream cold storage for the optimal conditioning of confectionary products and pre-products of sensitive goods
- 1 DUO-chiller unit including compressor speed control to be connected to the 5 units mentioned above (instead of 5 individual units)
- 1 heat recovery plant

The new fermentation technology allows an innovative and ideal humidification in all process fields, leading to an almost complete avoidance of rejects because of the high process stability. Furthermore, by precisely observing the humidity and temperature parameters, the use of yeast and baking aids can virtually be halved.

The following illustration 2 schematically shows the implementation of the plant concept:

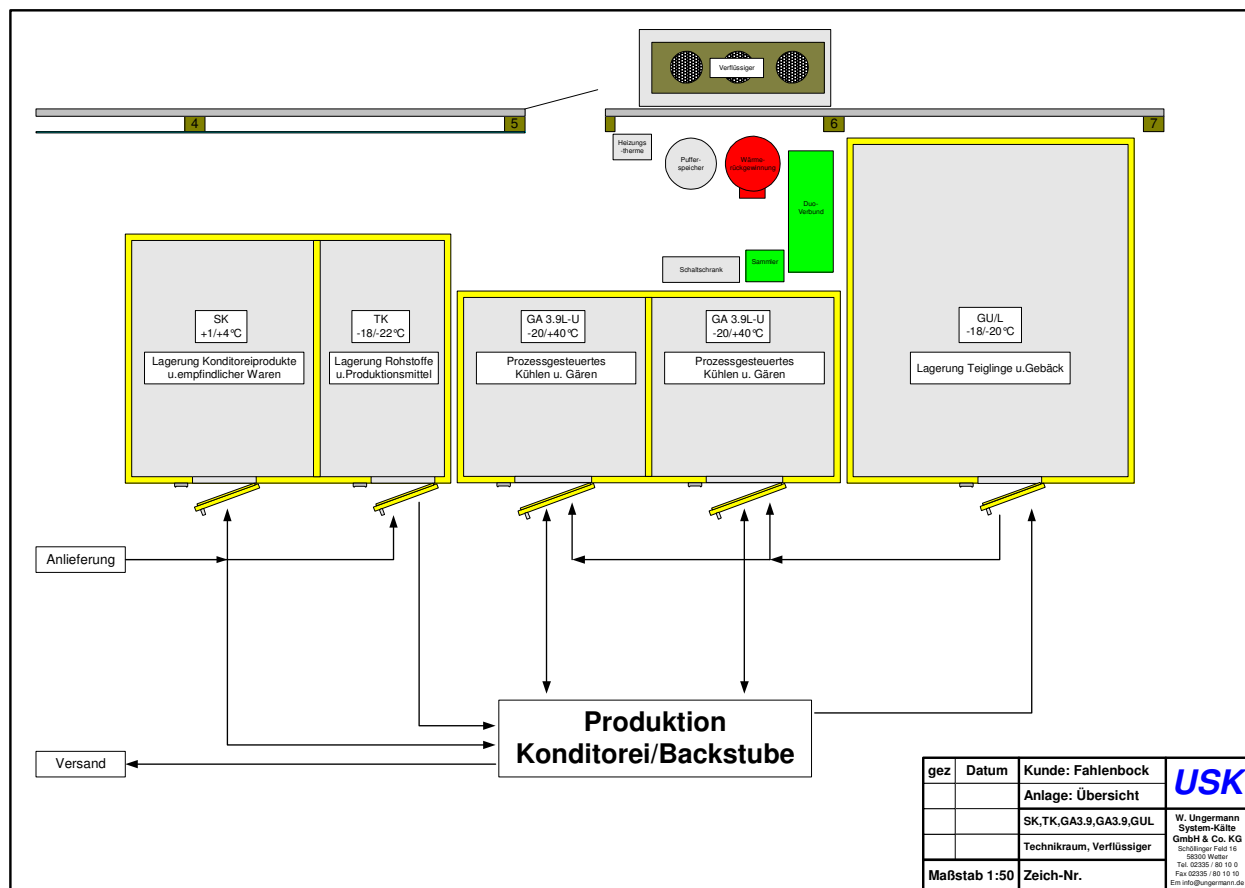


Illustration 2: Schematic drawing of the implemented innovative plant concept

Results from the technical and economic point of view as well as regarding the environmental benefit

On the basis of the implemented measuring programme, the following achieved environmental effects could be determined and documented.

Table 4: Realised environmental benefit after project implementation

	Flour consumption [kg]	Baking pre- mixes [kg]	Baking aids [kg]	Yeast [kg]	Electrical energy [kWh]
Conventional	120,000	27,050	4,200	3,600	175,000
Recipe content %	-	-	3.50%	3.00%	-
Actual value innovative	103,506	23,192	3,623	2,174	54,329
Recipe content %	-	-	3.5 %	2.1%	-
Savings	16,494	3,858	577	1,426	120,671
Savings %	13.75 %	14.26 %	13.75 %	39.62 %	68.95 %
CO ₂ - savings in kg	5,773	1,350	n.s.	n.s.	61,301

In some fields the expected environmental objectives (flour consumption: savings of 13.8%, as opposed to 5%; pre-mixes: savings of 14.26%, instead of 5%; electrical energy demand: savings of 69%, as opposed to 48.6%) could be exceeded significantly. As for the used baking aids and yeast, the savings could not be achieved entirely. The considerably reduced consumption of raw materials and supplies as well as the required use of energy has resulted in an actual reduction of CO₂ emissions by virtually 70 tons of CO₂ per annum, as opposed to the planned CO₂ reduction of 46 tons of CO₂ per annum, referring to an annual pastry turnover of € 1.1 m.

Material and energy savings amount for € 56,840.04 per annum and allow a statistic amortisation of the project after approx. 5.3 years. The total costs of the project were € 264,222.63.

Transferability / measures to spread the project results

Because of its high process stability, the new fermentation technology allows an innovative and ideal humidification in all process fields, leading to an almost complete avoidance of rejects. The transferability of the innovative plant concept to the entire bakery craft is conceivable and recommended.

The sector-specific press release of this successful project was carried out in the 2013 November issue of the "Backjournal" magazine. In addition to that, the results of the project are communicated via the district trades association as well as the Bakery Guild. The implementation of this process is also published in a loose-leaf collection in the second half of 2014 in cooperation with the "Effizienz-Agentur NRW".

Especially the communication of an environmentally-friendly technology is appropriate to improve the standards within the business for the benefit of an energy-efficient process.

Inhaltsverzeichnis

Berichts-Kennblatt	2
Kurzfassung.....	4
Summary	9
Initial Situation	9
Project Aim	9
Technical Solution	11
Abbildungsverzeichnis	15
Tabellenverzeichnis	16
1. Einleitung	17
1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens.....	17
1.2 Ausgangssituation	18
2. Vorhabensumsetzung	18
2.1 Ziel des Vorhabens.....	18
2.2 Darstellung der technischen Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)	19
2.3 Darstellung der Umsetzung des Vorhabens	22
2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)	30
2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten	31
3. Ergebnisse	31
3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung.....	31
3.2 Durchführung und Ergebnisse des Messprogramms.....	32
3.3 Umweltbilanz	34
3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse.....	36
3.5 Technischer Vergleich zu konventionellem Verfahren	37
4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung	38
4.2 Modellcharakter	38
4.3 Zusammenfassung	39

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung des umgesetzten Inovativen Anlagenkonzeptes	7
Illustration 2: Schematic drawing of the implemented innovative plant concept	12
Abbildung 3: Die neue Produktionsstätte der Bäckerei Klaus Fahlenbock, Hansestraße 48 in 51688 Wipperfürth (Foto aus September 2013, Frontansicht)	17
Abbildung 4: Foto des Duo-Verbund Aggregates (Foto aus September 2013)	23
Abbildung 5: Foto des geschlossenen Schaltschranks (Foto aus September 2013)	24
Abbildung 6: Foto des geöffneten Schaltschranks (Foto aus September 2013)	24
Abbildung 7: Foto der Wärmerückgewinnungskomponenten (Foto aus September 2013)	25
Abbildung 8: Separater Verflüssiger in Leiseläuferausführung (Foto aus September 2013)	25
Abbildung 9: Die Micro-Befeuchtung ist auf dem Gärautomaten platziert und angeschlossen (Foto aus September 2013)	26
Abbildung 10: Montierte Zwischendecke inkl. Unterkonstruktion in einem Gärraum (Foto aus September 2013)	27
Abbildung 11: Montierte Zwischendecke inkl. Unterkonstruktion in einem Gärraum (Foto aus September 2013)	27
Abbildung 12: Montierte Zwischendecke inkl. Unterkonstruktion (Foto aus September 2013)	28
Abbildung 13: Frontansicht der gesamten Zellwand (fünf Zellen). An den Türen links oben ist die Cooltab Steuerung angebracht (Foto aus September 2013)	28
Abbildung 14: Frontansicht auf die Cooltab Steuerung (Foto aus September 2013)	29
Abbildung 15: Netzwerk der Cooltab-Steuerung	32
Abbildung 16: Messdiagramm Gärunterbrecher 3.9 LU. Messzeitraum 48 Stunden	33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Geplante spezifische Verbräuche und Umweltentlastungen bei Antragstellung	5
Tabelle 2: Realisierte Umweltentlastungen nach Vorhabensumsetzung	7
Table 3: Planned specific consumptions and environmental benefit at the time of application	10
Table 4: Realised environmental benefit after project implementation	12
Tabelle 5: Geplante spezifische Verbräuche und Umweltentlastungen bei Antragstellung	19
Tabelle 6: Projektplan:.....	22
Tabelle 7: Teilvorhaben gem. Zuwendungsbescheid vom 02.05.2013.....	22
Tabelle 8: Realisierte Umweltentlastungen nach Vorhabensumsetzung	34
Tabelle 9: Gegenüberstellung der Zielwerte bei Antragstellung mit den Ist-Werten aus dem Messprogramm.....	35
Tabelle 10: Einsparungen bei Antragstellung	36
Tabelle 11: Tatsächliche Einsparungen auf Basis Messprogramm	36
Tabelle 12: Vergleichende Übersicht der Amortisationsrechnung	37

1. Einleitung

1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens

Tradition ist das Motto, das sich Bäckermeister Klaus Fahlenbock aus der alten Hansestadt Wipperfürth nicht von ungefähr auf die Fahne geschrieben hat. Er übt das Bäckerhandwerk bereits in der 5. Generation aus – sein Großvater hatte sechs und sein Vater fünf Brüder, die allesamt Bäcker waren. Somit ist die Bäckerei Klaus Fahlenbock Bäckerei und Café eine feste Größe auf dem Einkaufszettel der Feinschmecker der Region.

Traditionelles Backhandwerk, beste Zutaten und vielfältige, frische Produkte garantieren leckere Backwaren, die zur gesunden Ernährung beitragen. Im harten Wettbewerb mit Billigbäckern und Industriebetrieben setzt die Bäckerei Fahlenbock auf das Qualitäts- und Umweltbewusstsein ihrer Kunden. Die bisherige Betriebsstätte in Wipperfürth-Wipperfeld sollte geschlossen und stattdessen eine neue Produktionsstätte im Industriegebiet von Wipperfürth aufgebaut werden. Der Backbetrieb war branchentypisch über viele Jahre am Standort gewachsen und verfügte prinzipiell über alle grundlegenden Verfahren, die auch der neue Backbetrieb aufweisen sollte. Allerdings sollte erstmalig für den Backbetrieb eine innovative, integrierte Teiggärung und Prozesskühlung mit höchster Energie- und Rohstoffeffizienz bei minimalen Einsatz von Zusatzstoffen verwirklicht werden, die über konventionelle Prozesse und bereits umgesetzte Konzepte im Bäckereihandwerk erheblich hinaus geht. Die Bäckerei Klaus Fahlenbock wird als Einzelunternehmen geführt und beschäftigte in 2010 ca. 40 Mitarbeiter einschließlich Aushilfen. Der Jahresumsatz im Kalenderjahr 2010 belief sich auf ca. 895.000,00 €, die Bilanzsumme auf 227.073,93 €.

Auf der nachfolgenden Abbildung ist die neue Produktionsstätte in Wipperfürth abgebildet.



Abbildung 3: Die neue Produktionsstätte der Bäckerei Klaus Fahlenbock, Hansestraße 48 in 51688 Wipperfürth (Foto aus September 2013, Frontansicht)

1.2 Ausgangssituation

In konventionellen Bäckereien werden Kühlräume, Tiefkühl-Räume und Gärvollautomaten mit einzelnen Kältemaschinen versehen, die jeweils beim Anlaufen viel Strom benötigten und keine optimale Abkühlung / Lagerung gewährleisten, da beim Abkühlen hohe Leistung und bei Lagerung geringe Leistung erforderlich ist.

Alle Gärvollautomaten müssen während der Lagerung der Teiglinge befeuchtet werden, was bisher brachentypisch mit Dampfgeneratoren erfolgt. Diese Geräte haben Anschlussleistungen von ca. 4,5 - 7,5 kW. Der Dampf wird in die Gärvollautomaten während der Auftau- und Gärphase eingebracht und erhöht die Temperatur so schnell, dass wieder gegengekühlt werden muss, um die Temperatur im zulässigen Bereich zu halten bzw. in diesen zurückzuführen. Um den Prozess leidlich stabil zu halten, muss gegen die Befeuchtung (Energiezufuhr per Dampf) gekühlt werden. Qualitätsprobleme durch zu große Temperaturschwankungen und Kondensatbildung sind die Folge. Desweiteren werden alle konventionellen Anlagen mit elektrischen Heizstäben abgetaut und die Gärvollautomaten mit elektrischen Heizstäben im Prozess aufgeheizt. Bodenheizungen in Gärvollautomaten sind gar nicht vorhanden.

2. Vorhabensumsetzung

2.1 Ziel des Vorhabens

Im Fokus unserer Anstrengungen zur Prozessinnovation stand die Teiggärung und die notwendige Infrastruktur zur Kühlung und Tiefkühlung von Backteigen – nur diesem Bereich wurde eine Förderung im Rahmen des BMUB-Umweltinnovationsprogrammes ausgesprochen.

Im modernen Bäckereiprozess stellen diese Prozesse das eminent wichtige Bindeglied zwischen der Teigherstellung (Mischen, Kneten) und dem Backofen dar und werden dennoch häufig nur als periphere Versorgungseinheit gehen. Hier bestehen in modernen Bäckereien erhebliche Effizienzpotentiale bezogen auf den Rohstoffeinsatz und den Energieverbrauch. Der Gärvorgang beeinflusst zudem die Produktqualität maßgeblich. Die neue eingesetzte Gärtechnik sollte eine neuartige und ideale Befeuchtung in allen Prozessbereichen erlauben und durch die hohe Prozessstabilität zur nahezu vollständigen Vermeidung von Ausschuss führen. Durch unzureichende Durchfeuchtung und Lagerfähigkeit der Teiglinge bzw. Backprodukte mussten in der Vergangenheit bei der Bäckerei Fahlenbock ca. 7 % der diesen Prozessbereich durchlaufenden Produkte wegen Qualitätsmängeln entsorgt werden. Dieser Anteil sollte auf unter 2 % gesenkt werden. Durch die angestrebte Prozessstabilität und Harmonisierung sollte es möglich werden, den Einsatz von Backhefen in den Rezepturen von 3 % auf 1,5 % und von Backhilfsmitteln von 3,5 % auf 2 % zu senken. Der Energiebedarf der Gesamtanlage sollte im Vergleich zum bestehenden Betrieb halbiert werden.

Die nachfolgende Tabellen zeigen die geplanten Umwelteffekte bei Antragstellung auf:

- Senkung des Mehlverbrauchs um 5 % (= 6.000 kg/a)
- Reduktion der Backvormischungen um 5 % (= 1.353 kg/a)
- Senkung des Einsatzes an Backhilfsmittel um 45,7 % (= 1.920 kg/a)
- Reduktion des Hefeeinsatzes um 52,5 % (= 1.890 kg/a)
- Senkung des Energiebedarfs um 48,6 % (= 85.000 kWh/a)

Tabelle 5: Geplante spezifische Verbräuche und Umweltentlastungen bei Antragstellung

	Mehlverbrauch [kg]	Backvor- mischungen [kg]	Backhilfs- mittel [kg]	Hefen [kg]	Energie elektr. [kWh]
Konventionell	120.000	27.050	4.200	3.600	175.000
Rezepturanteil %	-	-	3,50%	3,00%	-
Zielwert	114.000	25.698	2.280	1.710	90.000
Rezepturanteil %	-	-	2,00%	1,50%	-
Einsparung	6.000	1.353	1.920	1.890	85.000
Einsparung %	5,0 %	5,0 %	45,7 %	52,5 %	48,6 %
CO2-Einsparung in kg	2.100	473	k.A.	k.A.	43.180

Darüber hinaus wurden erhebliche Qualitätsverbesserungen bei den Produkten erwartet, wie z.B. eine längere Rösche, zartsplitterige dicke Kruste, frischere Krume und ein gleichmäßigeres Volumen.

2.2 Darstellung der technischen Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)

In konventionellen Bäckereien werden Kühlräume, TK-Räume und Gärvollautomaten mit einzelnen Kältemaschinen versehen, die jeweils beim Anlaufen viel Strom benötigten und keine optimale Abkühlung/Lagerung gewährleisten, da beim Abkühlen eine hohe Leistung und bei Lagerung eine geringe Leistung erforderlich ist.

Bei Fahlenbock wurde ein System aus Gärvollautomaten, Kühl-, Gefrier- und Lagereinrichtungen errichtet, das innovative Technik und ganzheitliche Anlagenplanung verbindet und in dieser Form erstmals im Handwerk realisiert wird. Alle Systemkomponenten sind individuell aufeinander abgestimmt und für die Leistungsbedürfnisse von Fahlenbock konstruiert – es handelt sich nicht um die Kombination von Standardelementen.

Die wesentlichen Komponenten des Vorhabens:

- 2 Gärvollautomaten zur qualitativen Verbesserung der Teig- und Gebäudeigenschaften und Vermeidung von Ausschuss durch Unterstützung der optimalen Hefe und Enzymtätigkeit bei drastisch reduziertem Energieverbrauch
- 1 Gärunterbrecher-Langzeitlagerraum zur Vorproduktion und Lagerung von Teiglingen und Gebäck über einen längeren Zeitraum, um Produktionsabläufe zu entzerren und Zusatzarbeit zu vermeiden
- 1 TK-Lagerraum zur optimalen Lagerung von Rohstoffen und Produktionsmitteln, um eine reibungslose Produktion sicherzustellen
- 1 Sahnklimaraum zur optimalen Konditionierung von Konditoreiprodukten und Vorproduktion empfindlicher Waren.
- 1 DUO-Verbund-Kälteaggregat mit Verdichter-Drehzahlregelung zum Anschluss der vorgenannter 5 Anlagen (anstatt 5 Einzelaggregate)
- 1 Wärmerückgewinnungsanlage

Mit einer DUO-Verbund-Kälteanlage mit Verdichterdrehzahlregelung wird die Leistung der Kältemaschinen zum Abkühlen und zum Lagern jeweils dem erforderlichen Bedarf intelligent angepasst. Das bedeutet, es liegt eine hohe Anfangsleistung zu Beginn des Kühlprozesses vor und bereits nach 30 bis 60 Minuten erfolgt eine Absenkung der Drehzahl des Kompressors und somit eine Reduzierung des Energieverbrauches um bis zu 50 %. Die Verbundtechnik besteht aus zwei Kompressoren, die durch Drehzahlregelung in ihrer Leistung sowie im Stromverbrauch so beeinflusst werden, dass nur die benötigte Leistung abgefahren wird. Der Frequenzumrichter ist in der Lage, die Leistung und das Drehmoment eines Verdichters positiv zu beeinflussen. Durch die bedarfsgerechte Anpassung der Frequenz des Stromes an den Anschlussklemmen des Antriebes kann im Anlaufverhalten des Verdichters die Drehzahl und somit die benötigte Strommenge drastisch reduziert werden. Zudem passt sich die Drehzahl und somit die Leistung dem Prozessablauf an, was sich ebenfalls positiv auf den Stromverbrauch auswirkt. Hierzu ist die übergreifende Steuerungstechnik in Verbindung mit Messsensoren die Voraussetzung.

Besonderes Augenmerk wurde auf die Abtauung der Verdampfer gelegt. Bei den meisten gewerblich genutzten Anlagen sitzen in den Verdampfern Heizstäbe zur elektrischen Abtauung, die einen hohen Anschlusswert haben. Die Abtauheizung wird konventionell auch während der Gärphase getaktet und zur Auftauphase genutzt, was zu sehr hohen Leistungsspitzen führt. Um diese zu vermeiden, wird ein doppelbohrter Verdampfer verwendet, der einen Kreislauf für Kälte und einen weiteren Kreislauf für Glykol besitzt. Das Glykol wird mit Abwärme aus der Wärmerückgewinnung auf ca. 70 - 80 °C erhitzt und zum Aufheizen und Abtauen genutzt – elektrische Heizelemente sind nun überflüssig. Als Folge kann eine erhebliche Energieeinsparung erzielt werden. Außerdem wird die Prozessstabilität durch freiwerdende Leistungsreserven erhöht – defekte Heizstäbe gehören der Vergangenheit an.

Alle Gärvollautomaten müssen während der Lagerung der Teiglinge befeuchtet werden, was bisher brachentypisch mit Dampfgeneratoren erfolgt. Diese Geräte haben Anschlussleistungen von ca. 4,5 - 7,5 kW. Der Dampf wird während der Auftau- und Gärphase eingebracht und erhöht die Temperatur so schnell, dass wieder gegengekühlt werden muss, um die Temperatur im zulässigen Bereich zu halten bzw. in diesen zurückzuführen. Um den Prozess leidlich stabil zu halten, muss gegen die Befeuchtung (Energiezufuhr per Dampf) gekühlt werden. Qualitätsprobleme durch zu große Temperaturschwankungen und Kondensatbildung sind die Folge.

Bei dieser Anlage liefert ein innovatives Ultraschallbefeuchtungsverfahren in Verbindung mit einer Micro-Nano-Tec-Wasseraufbereitung „kalten“, feinstperligen Wassernebel, der keine Aufheizung des Kühlraumes bewirkt und zu einer idealen Oberflächenbenetzung des Backgutes führt. Zudem beträgt die Leistungsaufnahme mit 0,47 kW_{el} nur etwa ein Zehntel der konventionellen Technik. Das „Gegenkühlen“ entfällt. Es wurde eine Anlage realisiert, die in den nächsten Jahren richtungsweisend sein wird.

Die Ultraschallbefeuchtung hat neben dem geringerem Energieeinsatz gegenüber der herkömmlichen Technik zudem einen sehr positiven Einfluss auf das Produkt. Mittels schwingender Membrane werden aus der Wasseroberfläche Aerosole (Nebel) ausgelöst und in den Raum geleitet. Dieser Nebel sättigt die Raumluft auf bis zu 98% und dient gleichzeitig als Energieträger. Durch die feine Struktur des Nebels kann dieser in den Teig eindringen und Wärmeenergie entziehen oder einbringen. Damit wird es möglich, den Teig nicht wie bisher von Aussen nach Innen zu erreichen, sondern direkt an den Kern zu gelangen. Weiterhin ziehen die Salze im Teig Feuchtigkeit, dies bewirkt, dass bis zu 3 % Gewichtszunahme und nicht wie bisher ca. 5 % Verlust erreicht werden. Der Teig ist immer in einem gesättigten Zustand wodurch Verhautungen nicht auftreten können. Qualitätsausschuss wird systematisch vermieden.

Dieser Effekt wird zusätzlich im Verdampfer der Kälteanlage durch prozessgerichtete Druckregler für die Gesamtanlage unterstützt. Diese Verdampferdruckregler haben einen positiven Einfluss auf das Raumklima. Durch einen Stellmotor kann die Steuerung der

Gesamtanlage den Verdampfendruck beeinflussen, um die Temperaturdifferenz zwischen Raum und Verdampfer sehr gering zu halten. Dies verhindert eine zu starke Entfeuchtung der Raumluft und somit auch den Feuchtigkeitsentzug im Produkt. Als Folge kommt es in Kombination mit der Ultraschallbefeuchtung nicht mehr zu verhäuteten Teiglingen.

Die Gärvollautomaten sind mit glykolbeheizten Bodenplatten ausgestattet, die das Auskondensieren von Luftfeuchtigkeit an der kalten Bodenplatte während der Aufheizphase verhindern. Durch Rohrschlangen die in die Bodenplatte eingelassen sind, wird bei Bedarf von der Steuerung warmes Glykol eingeleitet, welches den Boden in Abhängigkeit zur Raumtemperatur erwärmt. Dieses sorgt für eine gleichmäßige Wärmeentfaltung im Raum. Der trockene Boden verhindert, dass bei der Entnahme der Stikkenwagen das Wasser über die Rollen verteilt wird. Ein branchentypischer Unfallschwerpunkt entfällt. Die Energie zur Glykolheizung stammt ebenfalls aus der Wärmerückgewinnung der Kälteanlage, konventionelle elektrische Heizungen entfallen.

Die Steuerungstechnik für die Gesamtanlage ist individuell auf die zu realisierende Gesamtkonzeption ausgelegt und ermöglicht das Vernetzen und Regeln mehrerer Anlagen zu einem Gesamtsystem. Damit beteht erstmals die Möglichkeit, zentral alle Anlagen zu überwachen und Prozesse unter Berücksichtigung aller relevanten Parameter und Messgrößen zu steuern.

Die freiprogrammierbare Steuerung ermöglicht es, sich auf heutige und zukünftige Gegebenheiten einzustellen, da diese jederzeit mit neuen Programmen (Updates) ausgestattet werden können. Somit können die Anlagen immer auf den aktuellen Produktionsablauf und das jeweilige Produkt abgestimmt werden. Damit wird es auch im Bäckerhandwerk möglich, gezielt auf Marktveränderungen und Forschungsergebnisse, wie z.B. aktuelle Entwicklung zur Langzeitführung von Teigen, zu reagieren und diese in den Produktionsprozess zu integrieren.

Über die Fernüberwachung können technische Störungen der Anlage direkt erkannt werden und Gegenmaßnahmen getroffen werden, bevor das Produkt Schaden nimmt. Durch eine Internetverbindung kann die Anlage an den Zentralrechner des Lieferanten z.B. eine Fehlermeldung schicken, welche einen Alarm auslöst. Störungsursachen können direkt durch den Anlagenlieferanten beseitigt oder der Kundendienst alarmiert werden. Dies stellt einen besonderen Vorteil im Handwerk dar, da kleine Betriebe oft nicht über Ressourcen für eigene Nacht- und Notdienste verfügen. Durch kurze Reaktionszeiten können so Warenverluste verhindert werden.

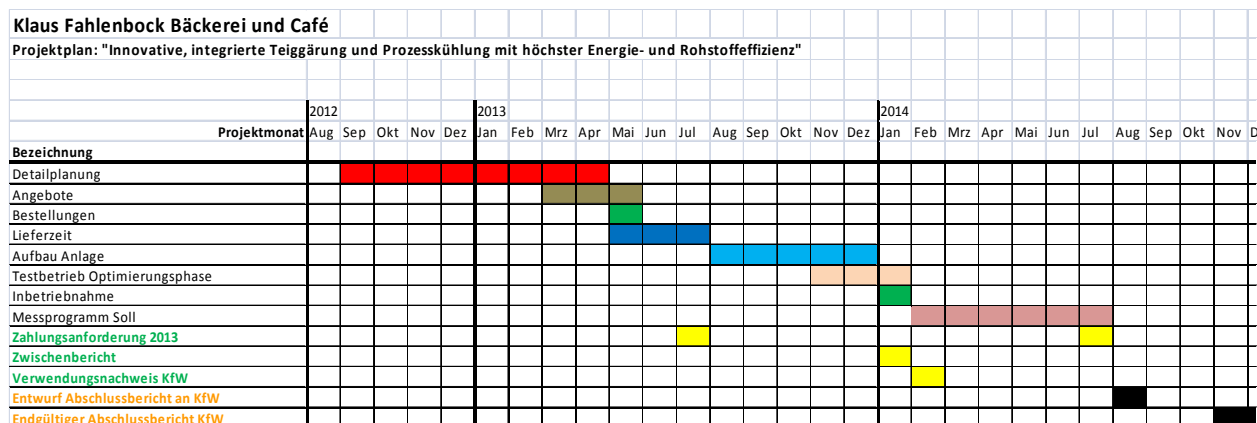
Die Wärmerückgewinnung ist in der Lage, die Abwärme der Kältekompressoren, die sonst in die Umwelt abgegeben wird, zu speichern und nutzbar zu machen. Mittels eines Wärmetauschers wird die Abwärme der Anlage im Speichermedium Wasser gespeichert und für Verbraucher - wie z.B. Heizung oder Brauchwassererwärmung - bereitgestellt. Dieses reduziert den betrieblichen Energieverbrauch zur Wassererwärmung und versorgt durch einen internen Pumpen-Warmwasser-Wärmetauscher (PWW) gleichzeitig die Glykolbodenheizung der Gärvollautomaten und die Abtauung der Verdichter mit Wärme auf dem richtigen Temperaturniveau.

Zur langfristigen Sicherstellung der hohen Anlageneffizienz sind alle (Kühl-, Gefrier-, bzw. Gär-) Zellen mit verschweißten Edelstahlwannenböden ausgerüstet. Nachdem die einzelnen Bodenteile gelegt waren, wurden die Übergänge in einem speziellen Verfahren wasserdicht verschweißt. Bei den überlappten Zellenwänden befinden sich keinerlei Dichtgummis zwischen den einzelnen Elementen. Mittels Verschachtelung der Übergänge entstehen Stahlflächen die absolut dicht sind. Somit können auch nach Jahren keine Abdichtungsprobleme durch Aushärtung oder Beschädigung von Dichtgummis entstehen. Diese Spezialzellenausführung ist in kürzester Zeit einwandfrei zu reinigen und übertrifft die normale Lebensdauer um ein Vielfaches.

2.3 Darstellung der Umsetzung des Vorhabens

Insgesamt ist es uns - als mittelständischem Familienbetrieb - gelungen, das anspruchsvolle Innovationsvorhaben gemeinsam erfolgreich umzusetzen. Dabei haben wir den internen Projektaufwand zur Behebung von Schwierigkeiten und den Erfordernissen der Projektrealisierung im Rahmen des BMUB-Umweltinnovationsprogrammes zu Projektbeginn unterschätzt. Die nachfolgende Tabelle 6 zeigt den tatsächlichen zeitlichen Verlauf des Projektes:

Tabelle 6: Projektplan:



Die nachfolgende Tabelle 7 gibt einen Überblick über die Gliederung der Investitionen in Teilvorhaben, auf die im Weiteren Bezug genommen werden wird:

Tabelle 7: Teilvorhaben gem. Zuwendungsbescheid vom 02.05.2013

Teilvorhaben	
(1)	Teiggärung und Prozesskühlung
(2)	Versorgungsleitungen
(3)	Elektroarbeiten
(4)	Löhne und Gehälter

Nach Erhalt des Zuwendungsbescheides vom 02.05.2013 haben wir die Gespräche mit unserem Anlagenbauer der Firma Ungermann Systemkälte GmbH intensiviert. Die Bestellung der Anlage selbst wurde zum 16.05.2013 ausgelöst.

In dieser Auftragserteilung wurde der Liefertermin für die Anlage zwischen Mitte bis Ende Juli 2013 vereinbart. Die Arbeiten zur Errichtung der neuen Produktionsstätte im Industriegebiet von Wipperfürth begannen am 15.05.2013; die Fertigstellung des Gebäudes erfolgte zum 25.09.2013.

Die erforderlichen Versorgungsleitungen wurden von der Firma Günther Plötz vom 16.09.2013 bis 25.09.2013 verlegt. Die Arbeiten umfassten die folgenden Positionen:

- Wasserzuleitung Micro-Tec Befeuchtung und Wärmerückgewinnung
- Wasserzuleitung Osmoseanlage auf dem Gärraum
- Abflussleitung Kältekammer und Gärraum
- Glycolleitungen für die Bodenheizung des Gärautomaten (GA), Abtauungen des Gärunterbrecher-Langzeitlagerraums (GU-L), Sahneklimaraum (SK) sowie Tiefkühlraum (TK)

- Glycolleitungen Abtauung und Aufheizung der Gärautomaten
- Anschluss der Heizungsanlage

Die Anlieferung der kompletten Zellenteile erfolgte am 08.07.2013. Zusätzlich wurden alle Kältekomponenten – Duo-Verbund, Verdampfer, Wärmerückgewinnung, separater Verflüssiger in Leiseläuferausführung, Montagematerial, Schaltschrank und das Luftleitsystem – angeliefert.

Am 09.07.2013 begann plangemäß der Aufbau des Anlagenkonzeptes. Die Aufbauarbeiten wurden von fünf Mitarbeitern der Firma Ungermann durchgeführt und konnten am 27.09.2013 abgeschlossen werden.

Die Aufbauarbeiten lassen sich mit den folgenden Hauptpositionen beschreiben und werden durch zugehörige Fotos der aufgebauten Anlagenteile visualisiert.



Abbildung 4: Foto des Duo-Verbund Aggregates (Foto aus September 2013)

Der Schaltschrank und die Anlage zur Wärmerückgewinnung wurden im Maschinenraum direkt hinter der Zellenkombination montiert.

Nachfolgende Abbildungen 5 und 6 zeigen den Schaltschrank (Fotos aus September 2013):



Abbildung 5: Foto des geschlossenen Schaltschranks (Foto aus September 2013)



Abbildung 6: Foto des geöffneten Schaltschranks (Foto aus September 2013)



Abbildung 7: Foto der Wärmerückgewinnungskomponenten (Foto aus September 2013)

Der separate Verflüssiger in Leiseläuferausführung wurde ebenerdig hinter dem Maschinenraum nach draußen verlegt.



Abbildung 8: Separater Verflüssiger in Leiseläuferausführung (Foto aus September 2013)

Die Micro-Befeuchtungen wurden auf den Gärautomaten platziert und angeschlossen.



Abbildung 9: Die Micro-Befeuchtung ist auf dem Gärautomaten platziert und angeschlossen (Foto aus September 2013)

Nachdem die Verdampfer aller Anlagen unter der Zellendecke montiert waren, wurde mit der Installation des Luftleitsystemes in allen Anlagen begonnen.

Das Luftleitsystem besteht aus einer montierten Zwischendecke inklusive Unterkonstruktion und einer zusätzlichen Luftführungswand (Druckwand) in den Gärautomaten. Diese Luftführungswand, verbunden mit Luftaustrittsdüsen in allen Räumen, sorgt für eine absolut gleichmäßige Luftverteilung innerhalb der jeweiligen Anlagen.

Die nachfolgenden Abbildungen 10 bis 12 zeigen die Zwischendecke inklusive der Unterkonstruktion:



Abbildung 10: Montierte Zwischendecke inkl. Unterkonstruktion in einem Gärraum (Foto aus September 2013)



Abbildung 11: Montierte Zwischendecke inkl. Unterkonstruktion in einem Gärraum (Foto aus September 2013)



Abbildung 12: Montierte Zwischendecke inkl. Unterkonstruktion (Foto aus September 2013)

Die umfangreiche Verbundanlage besteht aus zwei Gärvollautomaten mit Mircotec-Befeuchtung für je neun Wagen, eine Gärunterbrecher-Langzeit-Lageranlage für 30 Wagen, eine Rohstoff-Kühlzelle mit knapp zwölf Quadratmetern Grundfläche sowie eine Rohstoff-Tiefkühl-Lagerzelle mit etwa sieben Quadratmetern.



Abbildung 13: Frontansicht der gesamten Zellwand (fünf Zellen). An den Türen links oben ist die Cooltab Steuerung angebracht (Foto aus September 2013)

Abbildung 13 zeigt alle fünf Zellen der Gesamtanlage, die für verschiedene Kühlzwecke zum Einsatz kommen. Die Zellen sind in einem Kälteverbund mit Wärmerückgewinnung integriert.

Die Duo-Verbund Kälteanlage mit Verdichterdrehzahlregelung passt die Leistung der Kältemaschinen zum Abkühlen und zum Lagern den jeweils erforderlichen Temperaturen an. Das bedeutet eine hohe Anfangsleistung zu Beginn des Kühlprozesses, aber nach 30 bis 60 Minuten wird die Drehzahl des Kompressors abgesenkt und der Energierverbrauch reduziert sich signifikant. Die Verbundtechnik besteht aus zwei Kompressoren, die durch Drehzahlregelung in ihrer Leistung sowie im Stromverbrauch so beeinflusst werden, dass nur die benötigte Leistung abgefahren wird. Zudem passt sich die Drehzahl und somit die Leistung dem Prozessablauf an, welches ebenfalls positiv eine Senkung des Stromverbrauches bewirkt.

Abbildung 14 zeigt die Cooltab Steuerung, die das von Handys und Tablet-Computern bekannte Androidsystem nutzt und intuitiv bedienbar ist. Mit Hilfe dieser Steuerung kann leicht auf alle relevanten Parameter Zugriff genommen werden. So lässt sich z.B. am Bildschirm ein maßgeschneiderter Temperatur- und Feuchteablauf zusammenstellen. Für alle Produkte und Produktionsrahmenbedingungen (z.B. Wochenendproduktion) sind optimierte Programme hinterlegt, die Produkt und Fertigstellungszeitraum berücksichtigen können.

Ein weiterer Vorteil ist, dass Servicetechniker vor Ort oder aus der Ferne Zugriff auf das System haben und Störungen schnell analysiert und behoben werden können.



Abbildung 14: Frontansicht auf die Cooltab Steuerung (Foto aus September 2013)

Die Elektroarbeiten für die Anbindung des innovativen Anlagenkonzeptes wurden vom Anlagenbauer, der Firma Ungermann Systemkälte GmbH, in der Zeit vom 19.08.2013 bis zum 30.08.2013 ausgeführt. Im Rahmen dieser Arbeiten wurden die komplette Elektroinstallationen für die Anlage sowie die Verdrahtung der einzelnen Komponenten und Bauteile vorgenommen. Dabei wurden ca. 1.400 Meter Kabel verlegt und angeschlossen.

Zur Vorbereitung der Test- und Optimierungsphase wurden ab dem 30.09.2013 alle Sicherheitsschaltungen der Anlage geprüft sowie Druckprüfungen und Dichtigkeitsprüfungen durchgeführt. Anschließend erfolgte eine Einstellung und Nachjustierung aller Steuer- und Regelorgane. Die gesamte Anlage wurde dann über die Master-Regelung am Hauptschalterkasten programmiert und mit den Glycolkreisläufen abgestimmt. Dazu mussten spezielle Regelungen für die Abtauungen am Tiefkühlraum (TK) und Sahnklima Raum (SK), sowie ganz besonders für die programmierten Abläufe in den Gärautomaten und der Bodenheizung eingestellt und modifiziert werden.

So wurden z.B. die nachfolgenden Abläufe im Rahmen eines Programmablaufs eingestellt und modifiziert:

- Vorlauftemperaturen Glycol für die Bodenheizungen und Verdampferheizungen
- Abtauzeiten und Temperaturbegrenzungen
- Temperaturdifferenz zwischen Boden und Raum der Gärautomaten
- Temperaturdifferenz zwischen Verdampfer und Raum beim Aufheizen der Gärautomaten
- Sämtliche Luftgeschwindigkeiten in den jeweiligen Betriebsphasen aller Räume
- Ein- und Ausschaltpunkte der Glycolversorgung in Abhängigkeit der jeweiligen Betriebssituation

Daneben wurde die Befeuchtung der Micro-Tec-Anlage eingestellt und die Feuchtefühler abgeglichen. Die neue Cooltab Steuerung wurde programmiert und auf die speziellen Wünsche und Bedürfnisse der Bäckerei Fahlenbock abgestimmt. So wurde ein Gärautomat speziell für Brötchen zur Langzeitführung mit einer sanften Kurve im niedrigen Plusbereich eingestellt; ein anderer Gärautomat speziell auf Plunder und Körnerbrötchen abgestimmt. Um die verschiedenen Abläufe unter Volllast-Bedingungen (gesamte Warenmenge in allen Anlagen) zu optimieren, wurde der Testlauf der gesamten Anlage sowie auch die nachfolgende Inbetriebnahme von dem hauseigenen Bäckermeister und der Firma Ungermann begleitet. Im Rahmen der nachfolgenden Optimierungsarbeiten wurden die Parameter Temperatur und Zeitkurve sowie Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeit in den einzelnen Phasen angepasst.

Ab dem 14.12.2013 war die Gesamtanlage komplett aufgebaut; Testbetrieb und Optimierung erfolgten vom 30.09.2013 bis zum 31.12.2013. Anfang Januar 2014 wurde die Anlage in Betrieb genommen. Das Messprogramm wurde von Februar 2014 bis Juli 2014 durchgeführt.

2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)

Zur Errichtung der Anlagen waren keine behördlichen Genehmigungen erforderlich, es bestanden auch keinerlei Auflagen.

2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Zur Ermittlung bzw. Verifizierung der Vorhabensergebnisse wurden alle wesentlichen Betriebsdaten erhoben bzw. bei Durchführung eines Messprogramms gemessen:

- Einsparung Rohstoffeinsatz durch Auswertung der Einkaufsdaten (Mehlverbrauch, Backvormischungen, Backhilfsmittel, Hefeeinsatz)
- Temperatur- und Luftfeuchtigkeit (kontinuierlich gemessen)
- Betriebszeiten wesentlicher Komponenten, Betriebsstunden und Programmzeiten (Aufzeichnung der entsprechenden Daten)
- Energieverbrauch (kontinuierlich gemessen)

Zur Vorgehensweise bei der Quantifizierung der Effekte:

Für die Vorhabensbeschreibung wurden die realen Verbrauchsdaten des Jahres 2011 verwendet und für Jahr 2014 als "konventionelle" Verbrauchsdaten hochgerechnet. Für die stofflichen Verbräuche im Ist-Zustand wurden die Annahmen getroffen, dass 80 % des Mehls und der Backvormischungen und 100 % der Hefen im von der Innovation betroffenen Betriebsbereich (Gärunterbrecher) verarbeitet werden. Backvormischungen müssen keine Hefen oder Backhilfsmittel mehr zugesetzt werden. Ferner wurde angenommen, dass bis zum Projektabschluss im Jahre 2014 ein Umsatzwachstum von 25 % erzielt wird. (Hinweis: Die Tabelle zu den erwarteten Umwelteffekten enthielt in der Spalte "Backvormischungen" einen marginalen Rechenfehler - die Einsparung wurde um 100 kg/a zu hoch angegeben. Im Abschlussbericht finden sich die korrigierten Zahlen)

Für die Einspareffekte wurde bei Mehl und Backmischungen ein Minderverbrauch von 5% vor allem durch Vermeidung von Ausschussproduktion angenommen. Für Backhilfsmittel und Hefen wurde eine Verbrauchsminderung durch Rezepturänderungen erwartet.

Für den Abschlussbericht wird auf dieser Vorgehensweise aufgebaut. Es werden die real ermittelten Verbrauchsdaten der Monate Februar bis Mai 2014 verwendet. Um saisonal bedingte Effekte auszuschließen wird mit den Vergleichsmonaten des Jahres 2013 als Bezugsgröße gerechnet, in denen noch konventionell produziert wurde. Hieraus werden die prozentualen Effekte errechnet und mittels dieser die Effekte auf Jahresbasis ermittelt. Dazu wurden die Verbrauchsdaten der ausgewählten 4 Monate der Vergleichsjahre auf einen Verbrauch kg/1.000 € Umsatz umgerechnet und der zu erwartende Umsatz für 2014 aus den Zahlen für 2013 abgeleitet (Verhältnis Umsatz der 4 Auswahlmonate zum Jahresumsatz). Der Jahresumsatz stellt ein sehr gutes Maß für den Stoffdurchsatz dar, weil im Vergleichszeitraum die Preise stabil waren.

Die so ermittelten prozentualen Einsparungen wurden abschließend – ebenfalls zur Vermeidung saisonaler Effekte – auf das Mengengerüst des Förderantrags angewendet und so der abschließende Soll-/Ist Vergleich angestellt.

3. Ergebnisse

3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung

Die Erreichung der tatsächlichen Projektergebnisse, mit dauerhaft betriebssicheren, in die Prozesslandschaft integrierten Lösungen, zu garantieren, erwies sich im Laufe der Umsetzung als komplexer als zunächst erwartet. An dieser Stelle sei auf die Erfahrungen bei der Praxiseinführung in Kapitel 4.1 verwiesen.

Aufgrund der sehr intensiven und detaillierten Planung sowie Zusammenarbeit konnte das Vorhaben erfolgreich umgesetzt werden. Der Projektplan hat sich zeitlich etwas nach hinten verschoben, da die Luftschleieranlage über der Tür des Gärunterbrecher-Langzeitlagerraum aus fertigungstechnischen Gründen – da eine Maßanfertigung – nachträglich geliefert und montiert wurde.

Abschließend lässt sich festhalten, dass alle Schwierigkeiten in enger Zusammenarbeit mit unserem Anlagenbauer Wolfram Ungermann Systemkälte GmbH & Co. KG gelöst werden konnten. Es bestehen keine Probleme, die eine grundsätzliche Infragestellung der Funktionstüchtigkeit der Anlagen oder der Projektumsetzung andeuten würden.

3.2 Durchführung und Ergebnisse des Messprogramms

An der Anlagen wurden ab Inbetriebnahme kontinuierlich über den Zeitraum von Februar 2014 bis Juli 2014 im Rahmen eines Messprogrammes die wesentlichen Leistungsparameter überwacht, ermittelt und aufgezeichnet. Die nachfolgenden Erläuterungen beschreiben die erfassten Messgrößen.

Der Projekterfolg wurde durch modernste Messtechnik dokumentiert, da die Anlage über eine zentrale Steuerung und Leistungsmessung verfügt, die die nachfolgenden relevanten Parameter dokumentiert:

1. Temperaturverlauf
2. Feuchteregelung
3. Einschaltzeiten der Komponenten
4. Betriebsstunden
5. Programmdateien
6. Anlagendaten
7. Rohstoffeinsparungen

Die nachfolgende Abbildung 15 visualisiert über eine schematische Darstellung die Steuerung und Leistungsmessung der Cooltab-Steuerung.

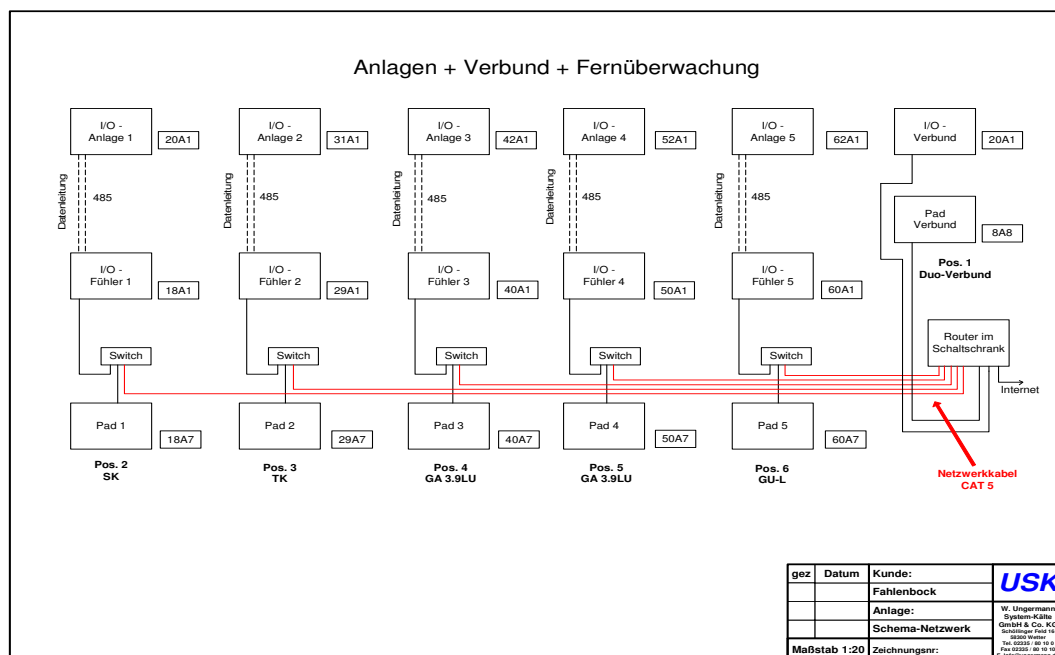


Abbildung 15: Netzwerk der Cooltab-Steuerung

Die Cooltab-Steuerung misst und speichert sämtliche Anlagendaten über Temperaturfühler, Feuchtefühler und Drucktransmitter auf einem internen Speicher. Diese Daten können per Internet oder USB-Stick ausgelesen werden.

Die nachfolgende Abbildung 16 stellt eine Datenauslesung für einen 48 Stunden Messzeitraum dar.

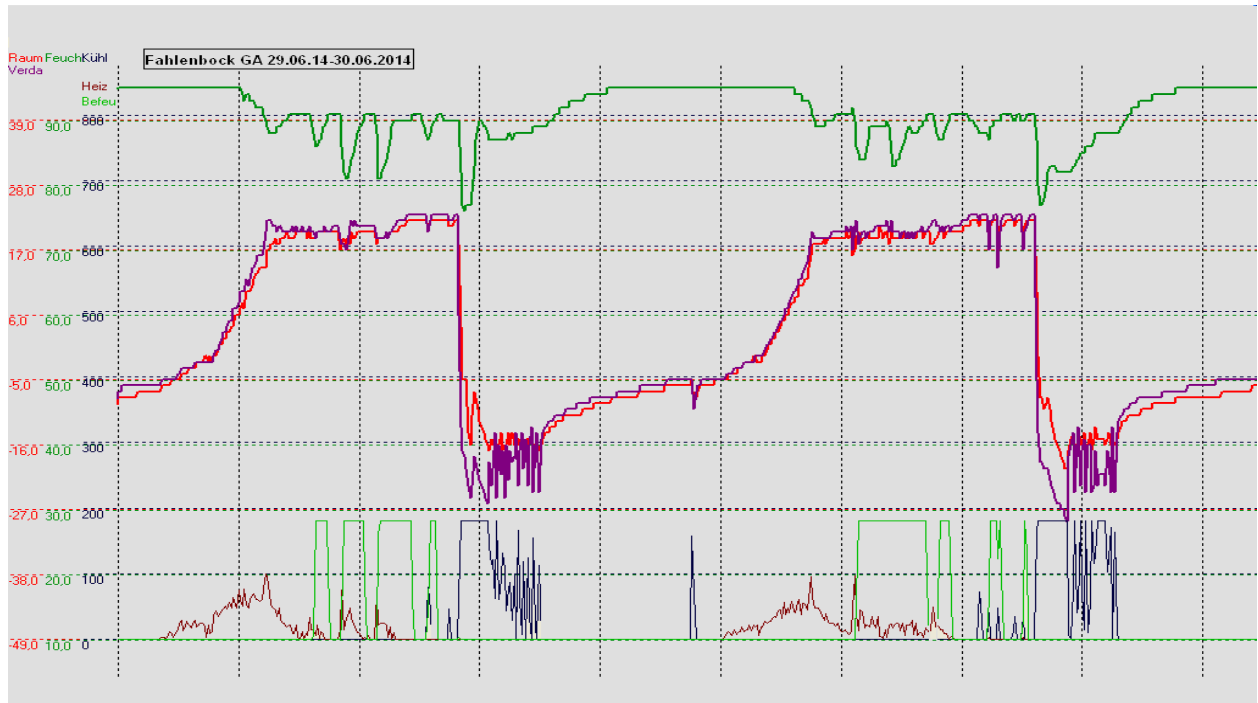


Abbildung 16: Messdiagramm Gärunterbrecher 3.9 LU. Messzeitraum 48 Stunden

Das Messdiagramm stellt im oberen Teil den Feuchteverlauf (grün), den Raumtemperaturverlauf (rot) sowie den Verdampfer Temperaturverlauf (lila) dar.

Im unteren Teil werden die Einschaltzeiten von der Glycolheizung (braun), der Befeuchtung (grün) und der Kühlung (schwarz) dargestellt.

Daten über die Rohstoffverbräuche wurden aus den betrieblichen Aufzeichnungen ermittelt.

3.3 Umweltbilanz

Die durchgeführten Messungen führten zu den nachfolgenden auf das Jahr hochgerechneten Ergebnissen:

Tabelle 8: Realisierte Umweltentlastungen nach Vorhabensumsetzung

	Mehlverbrauch [kg]	Backvor- mischungen [kg]	Backhilfs- mittel [kg]	Hefen [kg]	Energie elektr. [kWh]
Konventionell	120.000	27.050	4.200	3.600	175.000
Rezepturanteil %	-	-	3,50%	3,00%	-
Istwert Innovativ	103.506	23.192	3.623	2174	54.329
Rezepturanteil %	-	-	3,5 %	2,1%	-
Einsparung	16.494	3.858	577	1.426	120.671
Einsparung %	13,75 %	14,26 %	13,75 %	39,62 %	68,95 %
CO ₂ -Einsparung in kg	5.773	1.350	k.A.	k.A.	61.301

Eine detailliertere Gegenüberstellung der Ziel- und Ist-Werte des innovativen Vorhabens zeigt die folgende Tabelle auf der nächsten Seite:

Tabelle 9: Gegenüberstellung der Zielwerte bei Antragstellung mit den Ist-Werten aus dem Messprogramm

Einsparungen - ermittelt aus prozentualer Einsparung je 1.000 € Umsatz - bezogen auf die Verbrauchsdaten bei Antragstellung

	Mehlver- brauch [kg/a]	Backvor- mischungen [kg/a]	Backhilfs- mittel [kg/a]	Hefen [kg/a]	Energie elektr. [kWh/a]
IST-Wert (konventionell)	120.000	27.050	4.200	3.600	175.000
Rezepturanteil %			3,50%	3%	
ZIEL-Wert (innovativ)	114.000	25.698	2.280	1.710	90.000
rezepturanteil Anteil %			2%	1,50%	
Ist-Wert (innovativ)	103.506	23.192	3.623	2.174	54.329
Rezepturanteil Anteil %					
Einsparung Ziel (innovativ)	6.000	1.353	1.920	1.890	85.000
Einsparung Ist (innovativ)	16.494	3.858	577	1.426	120.671
Abweichung	10.494	2.506	-1.343	-464	35.671
Einsparung in % Ziel (innovativ)	5,00%	5,00%	45,71%	52,50%	48,57%
Einsparung in % IST (innovativ)	13,75%	14,26%	13,75%	39,62%	68,95%
Abweichung Prozentpunkte	8,75%	9,26%	-31,97%	-12,88%	20,38%
CO ₂ -Einsparung in kg Ziel (innovativ)	2.100	473			43.180
CO ₂ -Einsparung in kg IST (innovativ)	5.773	1.350			61.301
Abweichung	3.673	877			18.121
Summe CO ₂ -Einsparung in kg/a, ZIEL (innovativ)		45.753			
Summe CO ₂ -Einsparung in kg/a, IST (innovativ)		68.424			
Abweichung		22.671			

Es wird deutlich, dass in allen angestrebten Verbesserungsbereichen erfolgreich gearbeitet wurde. Insgesamt werden die angestrebten CO₂-Emissionsminderungen um mehr als 22,5 t/a bzw. 50 % übertroffen. Dies ist in erster Linie den herausragenden Ergebnissen bei der Steigerung der Energieeffizienz zuzuschreiben. Auch bei Rohstoffen werden die avisierten Ziele teilweise übertroffen. Lediglich bei den Hefen und Backhilfsmitteln wurden die Einsparziele nicht ganz erreicht.

Bei den Backhilfsmittel wurde festgestellt, dass sie einen geschmacklichen Einfluss auf die Produkte haben, der nicht unterschätzt werden darf. In den Backhilfsmitteln ist der Geschmack "Malz" enthalten, den die Kunden der Bäckerei Fahlenbock bei den Brötchen schätzen und wünschen. Eine Reduzierung der Backhilfsmittel hatte für Kundenreklamationen gesorgt, sodass, aufgrund der geschmacklichen Kundenanforderungen, eine Reduzierung der Backhilfsmittel im geplanten Bereich nicht ohne weiteres möglich ist.

Im Messzeitraum vom 30.09.20013 bis zum 01.07.20014 wurde ein Energie-Gesamtverbrauch von 47.526 kWh an der gesamten Anlage gemessen. In diesen Zeitraum fallen auch die Inbetriebnahme und der Testbetrieb bzw. die Optimierungsphase, die möglicherweise zunächst einen Mehrenergieverbrauch bewirkt haben.

Der gemessene Energieverbrauch entspricht einem durchschnittlichen Verbrauch von 5.280,66 kWh pro Monat. Hochgerechnet auf ein Jahr ergibt sich ein Jahresenergiebedarf von 63.368 kWh. Ermittelt man auf dieser Basis die Energieeinsparung je 1.000 € Umsatz, so resultiert eine Einsparquote von nahezu 70 %. Bezogen auf die Antragsdaten ergibt dies eine Einsparung von 120.000 kWh_{el.}/a.

3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Für die Wirtschaftlichkeitsanalyse wurden zum Zeitpunkt der Antragstellung folgende Einsparpotentiale prognostiziert:

Tabelle 10: Einsparungen bei Antragstellung

	Kg/a bzw. kWh/a	Einsparung p.a.	Faktor	
Mehl	6.000	2.820,00 €	0,47	€/kg
Backvormischungen	1.353	6.086,25 €	4,5	€/kg
Backhilfsmittel	1.920	8.640,00 €	4,5	€/kg
Hefen	1.890	6.615,00 €	3,5	€/kg
Strom	85.000	17.000,00 €	0,2	€/kWh
Summe		41.161,25 €		

Im Rahmen des Messprogramms konnten die nachfolgenden tatsächlichen Einspareffekte ermittelt werden:

Tabelle 11: Tatsächliche Einsparungen auf Basis Messprogramm

	Kg/a bzw. kWh/a	Einsparung p.a.	Faktor	
Mehl	16.494	7.752,41 €	0,47	€/kg
Backvormischungen	3.858	17.363,20 €	4,5	€/kg
Backhilfsmittel	577	2.597,88 €	4,5	€/kg
Hefen	1.426	4.992,35 €	3,5	€/kg
Strom	120.671	24.134,20 €	0,2	€/kWh
Summe		56.840,04 €		

Aussagen zum Personal- und Wartungsaufwand der neuen Anlagentechnik lassen sich vor dem Hintergrund der kurzen Betriebszeit derzeit nicht valide treffen. Es ist davon auszugehen, dass diese gegenüber der alten Technik geringer ausfallen werden.

Die geplanten Gesamtkosten von 261.914,00 € wurden mit 264.222,63 € leicht überschritten.

Unter den tatsächlichen Gesamtkosten stellt sich die Amortisationsrechnung (Tabelle 12) für das Projekt im Vorher-/Nachher-Vergleich wie folgt dar:

Tabelle 12: Vergleichende Übersicht der Amortisationsrechnung

Amortisationsrechnung (Kapitalrückfluss-, Pay back Methode)		
ohne Förderung		
	Ziel Innovativ	Ist Innovativ
Anschaffungskosten [€]:	261.914	264.223
Restwert [€]:	0	0
Nutzungsdauer [a]:	10	10
Kalkulatorischer Zins [%]:	5	5
Kalkulatorische Abschreibung [€]:	26.191	26.422
Jährliche Stromeinsparung [€]:	17.000	24.134
Einsparung Instandhaltung [€]:	0	0
Einsparung Personal [€]:	0	0
Einsparung Material [€]:	24.161	32.706
Kapitalkosten [€]:	32.739	33.028
Einsparung Sonstiges [€]:	0	0
Jährliche Kosteneinsparung ohne AfA [€]:	34.613	50.235
Amortisationszeit [a]:	7,6	5,3

Die tatsächliche Amortisationszeit nach erfolgreicher Umsetzung des Vorhabens berechnet sich wie folgt:

264.223 € (Anschaffungskosten) / 50.236 € (Jährliche Kosteneinsparung) + 26.422 € (Kalkulatorische Abschreibung) = 5,3 Jahre

3.5 Technischer Vergleich zu konventionellem Verfahren

Bei dem Vorhaben handelt es sich um die erstmalige Umsetzung eines neuartigen Verfahrenskonzeptes im Praxismaßstab. Die Kombination der Anlagenbestandteile, das Steuerungs- und Betriebskonzept, sowie zahlreiche technische Detaillösungen werden erstmalig im Bäckerhandwerk umgesetzt und für diese wichtige Branche wirtschaftlich verfügbar gemacht.

Einzelne technische Lösungen des Vorhabens sind bereits in großen Industriebetrieben eingesetzt worden – ein Vergleich mit den Anforderungen an eine Lösung für das Handwerk ist hier jedoch nicht sinnvoll, da Durchsätze, Qualitätsanforderungen, Abläufe und letztlich die Ansprüche der Verbraucher an die jeweiligen Produkte sich sehr stark unterscheiden.

Das hier geschaffene System aus Gärvollautomaten, Kühl-, Gefrier- und Lagereinrichtungen, das innovative Technik und ganzheitliche Anlagenplanung verbindet, wird in dieser Form erstmals im Handwerk realisiert. Alle Systemkomponenten sind individuell aufeinander abgestimmt und für die Leistungsbedürfnisse von Fahlenbock konstruiert – es handelt sich nicht um die Kombination von Standardelementen.

Die Komponenten sind durch eine übergreifende, intelligente Steuerung miteinander verknüpft. Für alle Produkte und Produktionsrahmenbedingungen (z.B. Wochenendproduktion) sind optimierte Programme hinterlegt, die Produkt und Fertigstellungszeitraum ideal berücksichtigen.

Die eingesetzte Gärtechnik erlaubt eine neuartige, ideale Befeuchtung in allen Prozessbereichen und führt durch die hohe Prozessstabilität zur nahezu vollständigen Vermeidung von Ausschuss. Zudem wird durch das präzise Einhalten von Feuchtigkeits- und Temperaturparametern nahezu eine Halbierung des Einsatz von Hefen und Backhilfsmitteln erreicht.

Das innovative Anlagenkonzept bietet gegenüber der bisherigen Fertigungstechnologie die folgenden Vorteile:

- Micro-Tec-Befeuchtung auf Ultraschallbasis für optimale Feuchteführung anstatt Dampferzeugung durch Verkochen von Wasser durch elektrische Heizungen
- DUO-Verbundaggregat mit 2 drehzahlgeregelte Verdichtern anstatt 5 Einzelaggregaten
- Glycolabtauung und Aufheizen der Anlagen über doppeltberohrte Verdampfer anstatt über elektrische Heizstäbe
- Glycolbodenheizung gespeist von der Wärmerückgewinnung
- Wärmerückgewinnung zur Warmwassererzeugung und Versorgung der Bodenheizung
- Elektrische Verdampfungsdruckregler zur kältetechnischen Steuerung der einzelnen Anlagen
- Elektrische Einspritzventile in allen Anlagen zur optimalen Leistungsnutzung der Verdampfer anstatt thermostatischer Einspritzventile
- Freiprogrammierbare Cooltab Steuerung zur optimale Nutzung der Anlage

4. Empfehlungen

4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Das Vorhaben hat gezeigt, dass trotz vorheriger Technikumsversuche und der intensiven Zusammenarbeit von ausgewiesenen Experten und erfahrenen Praktikern, die Einführung innovativer Verfahren mit nicht vorhersehbaren Risiken behaftet ist. Zur letztlich erfolgreichen Praxiseinführung hat in diesem Rahmen maßgeblich beigetragen:

- Die gute mess- und regeltechnische Ausrüstung der Anlagen, welche die Erkennung von Problemen und deren Ursachen erheblich erleichtert hat.
- Die dauerhaft gute Kooperation zwischen Auftraggeber und Anlagenlieferant mit dem Ziel, das gemeinsame Projekt zum Erfolg zu führen.
- Saubere, geduldige empirische Arbeit vor Ort zur Ermittlung der richtigen Regelungsparameter. Dabei wurde von Lieferantenseite durch den Einsatz eines eigenen Bäckermeisters das nötige Fachwissen zur Ermittlung der optimalen Programme eingebracht.
- Die Förderung durch das BMUB-Umweltinnovationsprogramm wirkte sich als zusätzliche Motivation aus, auch ein schwieriges Projekt weiterzuführen.

4.2 Modellcharakter

Der Neuheitswert des Vorhabens besteht darin, dass erstmals für das Bäckereihandwerk eine innovative und integrierte Teiggärung und Prozesskühlung mit höchster Energie- und Rohstoffeffizienz bei minimalem Einsatz von Zusatzstoffen demonstriert werden konnte.

Aufgrund seiner zahlreichen technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Vorteile hat das Vorhaben Modellcharakter für viele hundert Bäckereibetriebe in Deutschland. Der Technogielielieferant Ungermann ist ein im Markt bekanntes und erfolgreiches Unternehmen, sodass eine rasche Verbreitung der Lösung realisierbar scheint und die Wettbewerber entsprechend motiviert werden, unserem Beispiel zu folgen. Darüber hinaus wird das Vorhaben über den Bereich der Bäckereitechnik hinaus für kombinierte Heiz- und Kühlprozesse wichtige Impulse setzen.

Die branchenspezifische Kommunikation dieses erfolgreichen Vorhabens erfolgte in 2013 in der Novemberausgabe des Backjournals. Darüber hinaus werden die Ergebnisse des Vorhabens über die Kreishandwerkerschaft sowie die Bäckerinnung kommuniziert. Zugleich wird diese Verfahrensumsetzung auch zusammen mit der Effizienz-Agentur NRW in der Loseblattsammlung im 4. Quartal 2014 veröffentlicht.

Gerade die Kommunikation einer umweltfreundlichen Technologie ist geeignet, die Standards innerhalb der Branche zugunsten eines energieeffizienten Verfahrens zu verbessern.

4.3 Zusammenfassung

Mit der Realisierung des Systems aus Gärvollautomaten, Kühl-, Gefrier- und Lagereinrichtungen sollte nachgewiesen werden, dass die für den Bereich des Backhandwerks komplett neuartige Produktionstechnik die optimierte Produktion von handwerklich produzierten Qualitätsbackwaren bei einer gleichzeitigen Reduktion von Rohstoff-, Betriebsmittel- und Energieverbrauch möglich ist.

Mit der Umsetzung des Projekts sollte der Anteil der aus Qualitätsmängeln zu entsorgenden Produkte von 7 % auf unter 2 % gesenkt werden. Aufgrund der angestrebten Prozessstabilität und Harmonisierung sollte der Einsatz von Backhefen in den Rezepturen von 3 % auf 1,5 % und von Backhilfsmitteln von 3,5 % auf 2 % gesenkt werden. Der Energieverbrauch der Gesamtanlage sollte sich im Vergleich zum ursprünglichen bestehendem Betrieb halbieren.

Die erwarteten Umweltziele konnten in Teilbereichen (Mehlverbrauch, Einsparung 13,8 % statt 5 %; Backvormischungen, Einsparung 14,26 % statt 5 % und Energiebedarf elektrisch, Einsparung 69 % statt 48,6 %) elektrisch deutlich übertroffen werden. Bei den eingesetzten Backhilfsmitteln und Hefen konnten die Einsparungen nicht in voller Höhe erreicht werden. Der deutlich verminderte Verbrauch an Roh- und Hilfsstoffen sowie des benötigten Energieeinsatzes führen zu einer tatsächlichen Reduktion des CO₂-Ausstoßes um nahezu 70 t CO₂ pro Jahr, statt der geplanten CO₂-Reduzierung von 46 t CO₂ pro Jahr, bezogen auf einen Jahresumsatz mit Backwaren von 1,1 Mio €.

Die Material- und Energieeinsparungen belaufen sich auf 56.840,04 € per anno und erlauben eine statische Amortisation des Vorhabens nach ca. 5,3 Jahren. Die Gesamtkosten des Vorhabens betragen 264.222,63 €.

Der Neuheitswert des Vorhabens besteht darin, dass erstmals für das Bäckereihandwerk eine innovative und integrierte Teiggarung und Prozesskühlung mit höchster Energie- und Rohstoffeffizienz bei minimalem Einsatz von Zusatzstoffen demonstriert werden konnte. Aufgrund seiner zahlreichen technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Vorteile hat das Vorhaben Modellcharakter für viele hundert Bäckereibetriebe in Deutschland.

Die neue Anlagentechnik kann, selbstverständlich nach vorheriger Terminvereinbarung, bei der Fördernehmerin in Wipperfürth besichtigt werden. Ansprechpartner ist Herr Klaus Fahlenbock.