

BMU-UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM

**Abschlussbericht**

**zum Vorhaben:**

„Projekt C14 – Innovative Montageanlage“

NKa3 – 003028

**Zuwendungsempfänger/-in:**

Bernstein AG

**Umweltbereich**

(Umweltschutz, Energie- und Ressourceneffizienz)

**Laufzeit des Vorhabens**

27.11.2014 – 30.04.2018

**Autoren**

Georg Zwirkowski,

Daniela Derißen, Andreas Kunsleben

Gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

**Datum der Erstellung**

10.07.2018

BMU-ENVIRONMENTAL INNOVATION PROGRAMME

**Final report**

**on the project:**

„Projekt C14 – Innovative Assembly Facility “

NKa3 – 003028

**Beneficiary:**

Bernstein AG

**Environmental area**

(Environmental protection, energy and resource efficiency)

**Duration of the project**

27 November 2014 – 30 April 2018

**Authors**

Georg Zwirkowski,

Daniela Derißen, Andreas Kunsleben

Funded by the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety

**Date of creation**

10 July 2018

## Berichts-Kennblatt

<b>Aktenzeichen UBA:</b> 3028	<b>Vorhaben-Nr.</b> NKa3 – 003028
<b>Titel des Vorhabens:</b> „Projekt C14 – Innovative Montageanlage“	
<b>Autoren:</b> Georg Zwirkowski, Bernstein AG Daniela Derißen und Andreas Kunsleben, prisma consult GmbH / Effizienz-Agentur NRW, Duisburg	<b>Vorhabensbeginn:</b> 27.11.2014
	<b>Vorhabenende (Abschlussdatum):</b> 30.04.2018
<b>Zuwendungsempfänger:</b> Bernstein AG Hans-Bernstein-Str. 1 32457 Porta Westfalica	<b>Veröffentlichungsdatum:</b> 09.08.2018
	<b>Seitenzahl:</b> 31
<b>Gefördert im BMU-Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit</b>	
<b>Kurzfassung:</b>	
<p>Die Bernstein AG plante die Errichtung einer innovativen Montageanlage zur fehlerfreien, material- und energieeffizienten Herstellung höchstzuverlässiger Schalter für den industriellen Einsatz. Dabei wurde erstmals ein Montagekonzept realisiert, dass es erlaubt, neue Qualitäts- und Sicherheitsstandards bezüglich der herzustellenden Produkte mit einem im betroffenen Marktsegment bisher nicht erreichten, spezifisch niedrigem Energie- und Materialverbrauch herzustellen.</p> <p>Die Ergebnisse des Vorhabens wurden über eine sechsmonatige Erfolgskontrolle ermittelt. Die Umwelteffekte resultieren aus der Ausschussreduzierung (von 35% auf 1,08%) und Energieeinsparung in Höhe von 90 % im Vergleich zur herkömmlichen Fertigung (bezogen auf 180.000 Schalter/Gutteile):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start; margin-bottom: 10px;"> <span>• Reduktion des Kunststoffverbrauches (Polyamid) um und einer damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Einsparung von 13,2 t/a</span> <span style="text-align: right;">3,5 t/a</span> </li> <li style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start; margin-bottom: 10px;"> <span>• Reduktion des Metalleinsatzes (Stahl, niedrig legiert) um und einer damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Einsparung von 1,8 t/a</span> <span style="text-align: right;">0,9 t/a</span> </li> <li style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <span>• Reduktion des Energiebedarfes um und einer damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Einsparung von 3,5 t/a</span> <span style="text-align: right;">6 MWh/a</span> </li> </ul> <p>Im neuen Fertigungsverfahren wird zur Verbesserung der Gleiteigenschaften der Schalter ein Schmierstoff eingesetzt, der Abriebeffekte verhindert und damit die Lebensdauer der Schalter auf 1.500.000 Stunden erhöht. Der jährliche Schmiermittelbedarf liegt bei 2,41 kg.</p>	

Der ursprünglich budgetierte Investitionsansatz in Höhe von 2.547.580,00 € wurde für das Projekt durch die tatsächlichen Kosten in Höhe von 2.633.243,38 € überschritten. Die statische Berechnung der Amortisationszeit für die innovative Technik beträgt unter Berücksichtigung der Förderung 7,5 Jahre.

**Schlagwörter:**

Montageautomat, Ausschussreduzierung, Energieeinsparung, sicherheitsrelevante Schalter

**Anzahl der gelieferten Berichte**

**Papierform: 8**

**Elektronischer Datenträger: 1**

**Sonstige Medien**

EFA-Loseblattsammlung und Veröffentlichung im Internet geplant auf der Homepage: [www.bernstein.eu](http://www.bernstein.eu)

## Report-Coversheet

<b>Reference-No. Federal Environment Agency:</b> 3028	<b>Project-No.:</b> NKa3 – 003028
<b>Report Title:</b> „C14 – Innovative Assembly Facility”	
<b>Authors:</b> Georg Zwirkowski, Bernstein AG  Daniela Derißen and Andreas Kunsleben, prisma consult GmbH / Effizienz-Agentur NRW, Duisburg	<b>Start of project:</b> 27.11.2014
	<b>End of project:</b> 30.04.2018
Bernstein AG Hans-Bernstein-Str. 1 32457 Porta Westfalica	<b>Publication Date:</b> 09.08.2018
	<b>No. of Pages:</b> 31
<b>Funded by the Environmental Innovation Programme of the Federal Ministry for Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety.</b>	
<b>Summary:</b>	
<p>Bernstein AG planned the installation of an innovative assembly plant for the flawless as well as material and energy-efficient production of highly reliable switches for the industrial use. For the first time, an assembly concept was realized allowing the fulfilment of new quality and safety standards regarding the manufactured products with a specifically low energy and material consumption which, in this market segment, had never been achieved before.</p> <p>The results of the project were determined for the duration of a 6-month performance review. The environmental effects result from the scrap reduction (from 35% to 1.08%) as well as the environmental savings of 90%, compared with the conventional production (referring to 180,000 switches/good parts):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• reduction of plastic consumption (polyamide) by <span style="float: right;">3.5 t/a</span> resulting in CO2 savings of 13.2 t/a</li> <li>• reduction of metal usage (low-alloyed steel) by <span style="float: right;">0,9 t/a</span> resulting in CO2 savings of 1.8 t/a</li> <li>• reduction of energy need by <span style="float: right;">6 MWh/a</span> resulting in CO2 savings of 3.5 t/a</li> </ul> <p>In the new production process a lubricant is used in order to improve the sliding properties of the switches, thus preventing abrasion effects and increasing the lifespan of the switches to 1,500,000 hours. The annual demand for lubricants is 2.41 kg. The original budgeted investment amounting for € 2,547,580,00 was exceeded by actual costs as high as € 2,633,243.38 for the project. Taking into consideration the funds, the static calculation of the amortization period is 7.5 years.</p>	

**Keywords:**

Assembly machine, scrap reduction, energy savings, safety-relevant switches

## Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis .....	9
1. Einleitung.....	10
1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens .....	10
1.2 Ausgangssituation .....	11
2. Vorhabensumsetzung.....	11
2.1 Ziel des Vorhabens .....	11
2.2 Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten).....	14
2.3 Umsetzung des Vorhabens .....	15
2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen).....	21
2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten.....	21
2.6 Konzeption und Durchführung der Erfolgskontrolle .....	21
3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung.....	22
3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung.....	22
3.2 Stoff- und Energiebilanz .....	22
3.3 Umweltbilanz.....	25
3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse .....	27
3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren .....	28
4. Übertragbarkeit.....	29
4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung.....	29
4.2 Modellcharakter/Übertragbarkeit .....	29
5. Zusammenfassung/Summary.....	29
5.1 Zusammenfassung.....	29
5.2 Summary.....	32
6. Anlagen .....	35

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Standort der Firma Bernstein in Porta Westfalica .....	10
Abbildung 2: Teilaufnahme des C14-Montageautomaten (Foto vom 03.02.2016) ....	16
Abbildung 3: Abschnitt Kontaktwinkelmontage des C14-Montageautomaten (Foto vom 03.02.2016) .....	17
Abbildung 4: Vorderseite der C14 Montageanlage am Standort Hartum (Foto vom 29.11.2016).....	18
Abbildung 5: Rückseite der C14 Montageanlage am Standort Hartum (Foto vom 29.11.2016).....	18
Abbildung 6: Federselektionseinrichtung (Foto vom 29.11.2016) .....	19
Abbildung 7: HMI Terminal (Foto vom 29.11.2016).....	19
Abbildung 8: Reinigungsstation mit Abluftabsaugung (Foto vom 29.11.2016) .....	20
Abbildung 9: Fertiggestelltes C14 Schaltsystem nach erfolgreicher Prüfung mit Laserbeschriftung (Foto vom 29.11.2016) .....	20

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Prognostizierte Stückzahlen für die Schalterproduktion .....	12
Tabelle 2: Materialeinsatz und Einsparpotenzial je Schalter durch den innovativen Montageautomaten .....	12
Tabelle 3: Hochgerechnete Produktionsdaten des C-96 (Konventionelle Technik) im Vergleich zum C-14 (Innovative Technik) .....	13
Tabelle 4: Projekplan .....	15
Tabelle 5: Anzahl der gefertigten Schalter während der Erfolgskontrolle .....	23
Tabelle 6: Materialeinsatz und erreichte Einsparung je Schalter .....	24
Tabelle 7: Materialeinsatz und erreichte Einsparung je Schalter .....	24
Tabelle 8: Erzielte Umwelteffekte (Stand der Technik (konventionell) im Vergleich zur innovativen Fertigung) .....	26
Tabelle 9: Amortisationsrechnung nach Erfolgskontrolle des Projekts .....	28
Tabelle 10: Umweltbilanz des Vorhabens .....	31
Table 11: Environmental impact of the project .....	34

## 1. Einleitung

### 1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens

Die BERNSTEIN AG mit Hauptsitz in Porta Westfalica wurde 1947 gegründet und wird als Familienunternehmen heute in der 3. Generation von Nicole und Achim Bernstein sowie Gisela Bernstein als Vorstandsvorsitzende geführt. Die Bernstein AG ist ein weltweit führender Entwickler und Hersteller von Schaltern, Sensoren, Gehäusen und Tragarmsystemen sowie weiteren Komponenten für industrielle Anwendungen. Langjährige Erfahrung und Kompetenz in Mechanik und Elektronik sowie ein umfassendes Produktspektrum gewährleisten effiziente Systemlösungen für den Anlagen- und Maschinenbau, Aufzugtechnik, Automobilproduktion, Landtechnik, Fördertechnik, Automatisierungstechnik und Medizintechnik.

Die Unternehmensgruppe beschäftigt insgesamt derzeit mehr als 500 Mitarbeiter in 10 Ländern. Der Jahresumsatz betrug im Jahr 2017 61 Mio. €, die Bilanzsumme 29 Mio. €.

Die Gründe für den Unternehmenserfolg liegen in der technischen Kompetenz, den modernen Entwicklungsmethoden und der Kundenorientierung. Um die Marktposition und die Wettbewerbsfähigkeit der Bernstein AG zu sichern und zu stärken, ist es erforderlich, immer wieder neue innovative und marktorientierte Produkte zu entwickeln und erfolgreich im Markt zu etablieren.

Die nachfolgende Abbildung 1 visualisiert den Standort der Firma Bernstein am Standort Porta Westfalica.



Abbildung 1: Standort der Firma Bernstein in Porta Westfalica

## **1.2 Ausgangssituation**

Die Ausgangslage wird am Beispiel der bis zur Vorhabenumsetzung effizientesten Fertigungsanlage (interne Bezeichnung: Automat C96) dargelegt. Schalter der betroffenen Produktgruppe werden auch mit anderen Maschinen, teils halbautomatisch oder manuell gefertigt, aber jeweils mit niedrigeren Effizienzwerten bezüglich Material- und Energieeinsatz als mit dem C96-Automaten.

Die im Betrieb befindliche Fertigungsanlage ist 1995 entstanden und war für eine Ausbringungsmenge von 200 Schalter/Stunde konzipiert. Die tatsächliche Menge der montierten Schalter lag bei durchschnittlich 82 Schalter/h. Im Fertigungsautomat ist eine Prüfeinheit enthalten, die durchschnittlich 35% der Schalter als fehlerhaft erkennt, so dass eine resultierende Ausbringung von 53 Schalter/h als aktuelle Leistung genannt werden muss. Seit Juni 2013 wurden alle Fertigungsaufträge statistisch erfasst, um einen umfassenden Überblick über die Fehlteile zu bekommen. Danach wurde eine Fertigung von 180.000 C96-Schaltern festgestellt. Bei einer Ausschussquote von 35% müssen zur Erzeugung von 180.000 Gutteilen mehr als 275.000 Schalter gefertigt werden.

Bei einem Stückgewicht von ca. 38 g je Stück (30 g Kunststoff, 8 g Metall) bedeutet dies, dass pro Jahr Verluste von ca. 2.850 kg Kunststoff und ca. 800 kg Metall entstanden, die entsorgt werden mussten. Die gemessene Leistungsaufnahme der Anlage lag bei 2.080 Watt. Die Ausschussprodukte wurden zu 100 % als Siedlungsabfall entsorgt und deponiert. Die Verluste durch Ausschuss stehen am Ende einer komplexen Wertschöpfungskette; der Ausschuss muss entsorgt werden. Ökonomisch wurde der Ausschuss mit dem Materialwert der verarbeiteten Komponenten bewertet. Aus Umweltsicht sind mit der Ausschussproduktion vermeidbare CO<sub>2</sub>-Emissionen von mehr als 4.000 kg/a verbunden, wenn lediglich die mit der Herstellung der Rohstoffe verbundenen Emissionen betrachtet werden.

## **2. Vorhabensumsetzung**

### **2.1 Ziel des Vorhabens**

Ziel ist des Projektes war die Errichtung einer innovativen Montageanlage zur fehlerfreien, material- und energieeffizienten Herstellung höchstzuverlässiger Schalter für den industriellen Einsatz.

Dabei wurde erstmals ein Montagekonzept realisiert, dass es erlaubt, neue Qualitäts- und Sicherheitsstandards bezüglich der herzustellenden Produkte mit einem im betroffenen Marktsegment bisher nicht erreichbaren, spezifisch niedrigem Energie- und Materialverbrauch herzustellen. Der neu zu beschaffende, innovative Fertigungsautomat C14 sollte die bestehende C96 Fertigungsanlage und weitere Produktionseinrichtungen ersetzen und langfristig die Grundlage für einen Großteil der Schalter aus dem Hause Bernstein bilden.

Die Vorgaben für den Fertigungsautomaten wurden gegenüber der vorhandenen Anlage erheblich erhöht, so dass eine Ausbringungsmenge von mindestens 800 Schaltern pro Stunde möglich werden sollte, wobei sich der absolute Energiebedarf maximal verdoppeln durfte. Die Reduzierung des Ausschusses war eine zwingende Vorgabe und sollte zukünftig nicht mehr als 3% betragen. Neben der hohen Leistungsfähigkeit (Gutteile/Zeiteinheit) und Effizienz (Material- und Energieverbrauch/Gutteil) des Fertigungsautomaten war auch eine hohe Zuverlässigkeit der Produkte gefordert. Um die neuen Anforderungen der Bernstein AG zu erfüllen, ist eine vollautomatisierte Produktion und eine 100%-Prüfung gemäß zahlreicher Leistungsparameter der gefertigten Produkte erforderlich. Weitere wesentliche Punkte des neuen C14- Konzeptes waren

die Verringerung des Ausschusses und eine deutliche Reduzierung des Energiebedarfs in der Fertigung.

Für die kommenden Jahre wurden folgende Stückzahlen für die Schalterproduktion mit der innovativen Anlage geplant:

Planung	2018	2019	2020
C14 Bedarf (Gutteile)	2.100.000	2.800.000	3.500.000

Tabelle 1: Prognostizierte Stückzahlen für die Schalterproduktion

Bedingt durch die zeitliche Verzögerung im Vorhaben und der dadurch späteren Markteinführung hat es Verunsicherungen in der Vertriebsmannschaft und auch bei den Kunden gegeben. Die ursprünglich geplanten Stückzahlen sind daher etwas zurückgenommen worden und sollen zu einem späteren Zeitpunkt erreicht werden.

Die Vorgaben für die Leistungsfähigkeit der Anlage wurden im Rahmen einer Innovations- und Wachstumsstrategie für einen zukünftigen Bedarf von 3.500.000 Schaltern pro Jahr bis 2020 geplant. Insgesamt sollte eine hochinnovative Anlage errichtet werden, welche die Ausschussquote um 97 % senkt und den Energieverbrauch ebenfalls um 90 % je Gutteil reduziert. Es handelt sich daher um ein Investitionsvorhaben, dass die in der Debatte um nachhaltige Fertigungsverfahren immer wieder geforderten hohen Effizienzeffekte („Faktor 10“) in die Praxis umsetzt. Dies wird bei der Produktion sicherheitsrelevanter Schalter erreicht, bei der mit konventioneller Technik häufig für das Erreichen anspruchsvoller Spezifikationen erhebliche „Schrottquoten“ in Kauf genommen werden müssen.

Im Vergleich zur besten bestehenden Fertigungsanlage bei Bernstein (Automat C96) sollte durch die Senkung der Ausschussquote bei Erreichung der geplanten Stückzahlen (Jahr 2020) pro Jahr künftig bis zu 66.800 kg hochwertiger elektrischer Bauteile eingespart werden. Aus Umweltsicht sind mit der Ausschussproduktion vermeidbare CO<sub>2</sub>-Emissionen von 202.700 kg/a verbunden, wenn lediglich die mit der Herstellung der Rohstoffe verbunden Emissionen betrachtet werden.

Zusätzlich sollten durch die Reduktion des Energieverbrauches um 123 MWh<sub>el</sub> 67.700 kg/a CO<sub>2</sub>-Emissionen vermieden werden. Der neue Schalter C14 wird mit deutlich weniger Material- und Ressourceneinsatz auskommen. Das Gesamtgewicht Kunststoff reduziert sich um 17,55 g auf 11,84 g und liegt damit leicht über dem erwarteten Zielwert von 11,35 g; der Metallanteil reduziert sich um 0,98 g – der prognostizierte Metalleinsparungswert von 0,90 g je Schalter wird übertroffen (vergleiche dazu nachfolgende Tabelle 2).

Schalter	Kunststoffanteil	Metallanteil	Gesamtgewicht
C96 (Ist-Situation)	29,39 g	8,24 g	37,63 g
C14 (Plan-Situation)	11,35 g	7,34 g	18,69 g
C14 (Neue Ist-Situation)	11,84 g	7,26 g	19,10 g
Erzielte Einsparung	17,55 g	0,98 g	18,53 g

Tabelle 2: Materialeinsatz und Einsparpotenzial je Schalter durch den innovativen Montageautomaten

Im Anhang ist als Anlage 1 eine Materialausstellung für Fertigung des Schalters T12 im herkömmlichen Verfahren beigefügt.

In der nachstehenden Tabelle 3 sind die für die Planzahlen hochgerechneten Produktionsdaten des Automaten C-96 den Vorgaben des innovativen Montageautomaten C-14 gegenüber gestellt.

		IST (2013)	2015	2016	2017	2018	2019	2020
	C14 Bedarf (Gutteile)	180.000	400.000	900.000	1.500.000	2.100.000	2.800.000	3.500.000
	<b>Ausschussreduzierung</b>							
Alt	Ausschuss (35%)	96.923	215.385	484.615	807.692	1.130.769	1.507.692	1.884.615
	Kunststoff (Polyamid)	2.849 kg	6.330 kg	14.243 kg	23.738 kg	33.233 kg	44.311 kg	55.389 kg
	CO <sub>2</sub> -Emissionen	12.007 kg	26.682 kg	60.034 kg	100.056 kg	140.078 kg	186.771 kg	233.464 kg
	Metall (Stahl, niedrig legiert)	798 kg	1.774 kg	3.991 kg	6.652 kg	9.313 kg	12.417 kg	15.522 kg
	CO <sub>2</sub> Emissionen	1.573 kg	3.495 kg	7.863 kg	13.105 kg	18.347 kg	24.462 kg	30.578 kg
	Gesamtmenge Ausschuss	3.647 kg	8.104 kg	18.234 kg	30.390 kg	42.546 kg	56.728 kg	70.911 kg
	Gesamt CO <sub>2</sub> -Emissionen	13.579 kg	30.176 kg	67.896 kg	113.161 kg	158.425 kg	211.233 kg	264.042 kg
Neu	Ausschuss (3%)	5.567	12.371	27.835	46.392	64.948	86.598	108.247
	Kunststoff	63 kg	140 kg	316 kg	526 kg	737 kg	982 kg	1.228 kg
	CO <sub>2</sub> -Emissionen	266 kg	591 kg	1.330 kg	2.217 kg	3.104 kg	4.139 kg	5.174 kg
	Metall	41 kg	91 kg	204 kg	341 kg	477 kg	636 kg	795 kg
	CO <sub>2</sub> Emissionen	80 kg	179 kg	402 kg	671 kg	939 kg	1.252 kg	1.565 kg
	Gesamtmenge Ausschuss	104 kg	231 kg	520 kg	867 kg	1.213 kg	1.618 kg	2.022 kg
	Gesamt CO <sub>2</sub> -Emissionen	347 kg	770 kg	1.733 kg	2.888 kg	4.044 kg	5.391 kg	6.739 kg
	Ausschussreduzierung gesamt	3,5 t	7,9 t	17,7 t	29,5 t	41,3 t	55,1 t	68,9 t
	CO <sub>2</sub> -Einsparung Rohstoffe	13,2 t	29,4 t	66,2 t	110,3 t	154,4 t	205,8 t	257,3 t
	Relative Einsparung	97%	97%	97%	97%	97%	97%	97%
	<b>Energiebedarf</b>							
Alt	Gesamt Stückzahl (Bedarf und Ausschuss)	276.923	615.385	1.384.615	2.307.692	3.230.769	4.307.692	5.384.615
	Laufzeit	3.377 h	7.505 h	16.886 h	28.143 h	39.400 h	52.533 h	65.666 h
	Energiebedarf	7 MWh	16 MWh	35 MWh	59 MWh	82 MWh	109 MWh	137 MWh
	CO <sub>2</sub> -Emissionen	3,9 t	8,6 t	19,3 t	32,2 t	45,1 t	60,1 t	75,1 t
Neu	Gesamt Stückzahl (Bedarf und Ausschuss)	185.567	412.371	927.835	1.546.392	2.164.948	2.886.598	3.608.247
	Laufzeit	232 h	515 h	1.160 h	1.933 h	2.706 h	3.608 h	4.510 h
	Energiebedarf	1 MWh	2 MWh	3 MWh	6 MWh	8 MWh	11 MWh	14 MWh
	CO <sub>2</sub> -Emissionen	0,4 t	0,9 t	1,9 t	3,2 t	4,5 t	6,0 t	7,4 t
	Energieeinsparung	6 MWh	14 MWh	32 MWh	53 MWh	74 MWh	98 MWh	123 MWh
	CO <sub>2</sub> -Einsparung Energie	3,5 t	7,7 t	17,4 t	29,0 t	40,6 t	54,1 t	67,7 t
	Relative Einsparung	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
	CO <sub>2</sub> -Einsparung Gesamt	16,7 t	37,1 t	83,6 t	139,3 t	195,0 t	260,0 t	325,0 t

Tabelle 3: Hochgerechnete Produktionsdaten des C-96 (Konventionelle Technik) im Vergleich zum C-14 (Innovative Technik)

## 2.2 Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)

Zur Erreichung unserer anspruchsvollen Projektziele wurde zusammen mit dem Anlagenhersteller Harting Technologiegruppe ein neuartiges Montagekonzept mit integrierten Prüf- und Prozesssicherheitsfunktionen erstellt. Der Einsatz des neuartigen Prüf- und Überwachungskonzeptes erlaubt eine wesentlich höhere Verarbeitungsgeschwindigkeit, als bei herkömmlichen Maschinenkonzepten – bei gleichzeitig erheblich reduzierten spezifischen Energie- und Materialverbräuchen. Ausschuss wird künftig nahezu vollständig vermieden.

Unser Investitionsvorhaben zielte darauf ab, gesteigerte Anforderungen durch die neuen Produkte mit einem innovativen und umweltfreundlichen Produktionsverfahren zu realisieren. Wir haben uns hierbei für ein integriertes Anlagenkonzept entschieden, das in der Lage ist, eigensicher die Qualitätsstandards im Montageprozess selbst zu überwachen und so Ausschuss und damit den Materialverbrauch auf ein Minimum zu reduzieren. Darüber hinaus wird die Fertigung mit durchgängig modernsten Maßnahmen zur Energieeffizienz realisiert. Alle kritischen Prozessschritte werden fortlaufend überprüft und alle maßgeblichen Funktionsparameter getestet.

Wesentliche Merkmale der neuen Montageanlage sind:

- Bisher unerreichte Arbeitsgeschwindigkeit der gesamten Anlage, die durch neuartige und bzgl. der Bandbreite überwachter Leistungsparameter einzigartige Mess- und Prüfeinrichtungen ermöglicht und durch eine entsprechende Neuauslegung der Fertigungshardware umgesetzt wird.
- Vier optische Überwachungssysteme (bei Bedarf erweiterungsfähig) zur Stückzahlerfassung und kontinuierlichen Überprüfung von Vollständigkeit und Richtigkeit der Montage.
- Vollständige mechanische Prüfung jedes Schalters auf Sprungzeit, Betätigungskräfte und Toleranzentwicklung (frühzeitige Korrekturingriffe, vorausschauende Fehlervermeidung).
- Vollständige elektrische Prüfung jedes Schalters.
- Hochspannungsprüfung jedes Schalters.

Die vollautomatische Montageanlage besteht im Wesentlichen aus den Funktionseinheiten zur Materialzuführung (Schrauben, Gehäusekomponenten, Federn, Kontakten und weiteren Komponenten der Schalter) zur Material- und Komponentenförderung sowie aus den Montagezellen zur Teil- und Endmontage. Diese Funktionseinheiten sind eingebettet in ein Steuerungssystem in Verbindung mit den oben genannten Prüf- und Überwachungseinrichtungen.

Sobald erste Abweichungen von Produktspezifikationen durch die Überwachungstechnologie erkannt werden, wird die Produktion unterbrochen und eine Korrektur des Fehlers durchgeführt. Dadurch wird die Ausschussproduktion in der laufenden Fertigung wirksam verhindert. Durch den hohen Anlagendurchsatz wird der spezifische Energieverbrauch je Gutteil bei der geplanten Anlage massiv reduziert, weil der Energieverbrauch dieser Art von Montageanlagen weitgehend statisch (also näherungsweise durchsatzunabhängig) ist. Außerdem sinkt der spezifische Energieverbrauch durch die niedrige Ausschussquote. Insgesamt wird so eine hochinnovative Anlage errichtet, welche die Ausschussquote um 94 % senkt und den Energieverbrauch ebenfalls um 90 % je Gutteil reduziert. Dies wird bei der Produktion sicherheitsrelevanter industrieller Schalter erreicht, bei der mit konventioneller Technik häufig für das Erreichen anspruchsvoller Spezifikationen erhebliche „Schrottquoten“ in Kauf genommen werden müssen.

Ein Aufstellungsplan mit den wesentlichen Funktionsbezeichnungen ist als Anhang 2 beigelegt.

### 2.3 Umsetzung des Vorhabens

Das Vorhaben wurde in der Zeit vom 27.11.2014 bis 30.04.2018 realisiert:

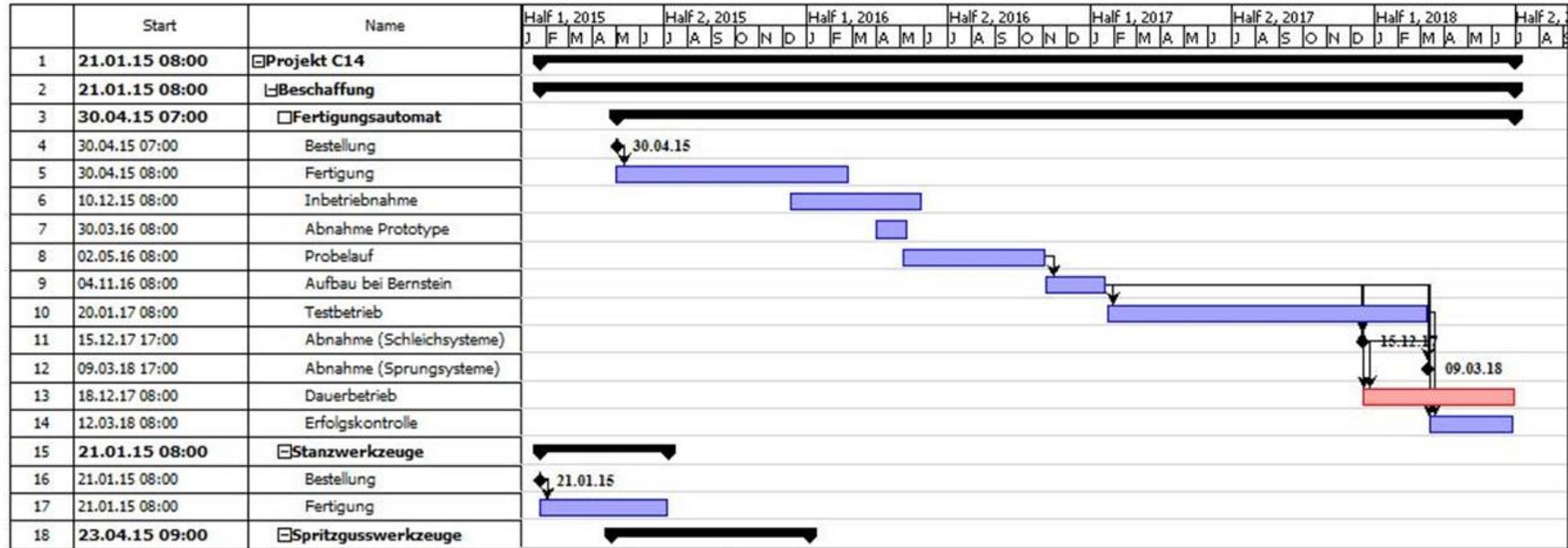


Tabelle 4: Projektplan

Die ursprünglich geplante Laufzeit des Vorhabens verlängerte sich wegen der anspruchsvollen technischen Umsetzung des Vorhabens um 30 Monate.

Die einzelnen Schritte im Projektablauf werden nachfolgend kurz beschrieben.

Die Auftragsvergaben für den innovativen Automaten erfolgten im Frühjahr 2015. Die Vorbereitung der Montagehalle und der erforderlichen Infrastruktur in der Zeit vom 01.08.2015 bis 31.12.2015. Montage und Fertigung des C14-Montageautomaten erfolgten bei der Harting Technologiegruppe in Espelkamp. Die nachfolgenden Abbildungen visualisieren die Montage und Aufstellung des C14-Montageautomaten bei dem Anlagenlieferanten Harting Technologiegruppe.



Abbildung 2: Teilaufnahme des C14-Montageautomaten (Foto vom 03.02.2016)

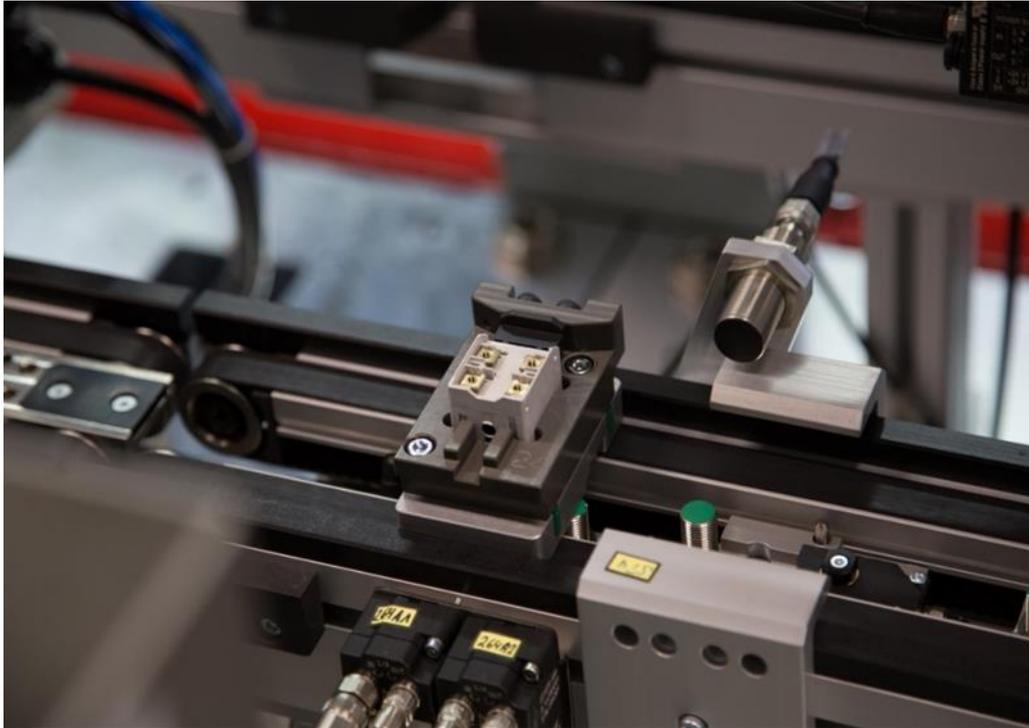


Abbildung 3: Abschnitt Kontaktwinkelmontage des C14-Montageautomaten (Foto vom 03.02.2016)

Der C14-Montageautomaten wurde in der Zeit vom 28.10.2016 bis 04.11.2016 zur Fa. Bernstein verlagert. Die Inbetriebnahme der Anlage startete zum 22.11.2016, ein erster Probelauf fand am 05.12.2016 statt.

Nachstehende Abbildungen visualisieren den aufgebauten C14-Montageautomaten in den Räumen der Bernstein AG.



Abbildung 4: Vorderseite der C14 Montageanlage am Standort Hartum (Foto vom 29.11.2016)



Abbildung 5: Rückseite der C14 Montageanlage am Standort Hartum (Foto vom 29.11.2016)



Abbildung 6: Federselektionseinrichtung (Foto vom 29.11.2016)



Abbildung 7: HMI Terminal (Foto vom 29.11.2016)

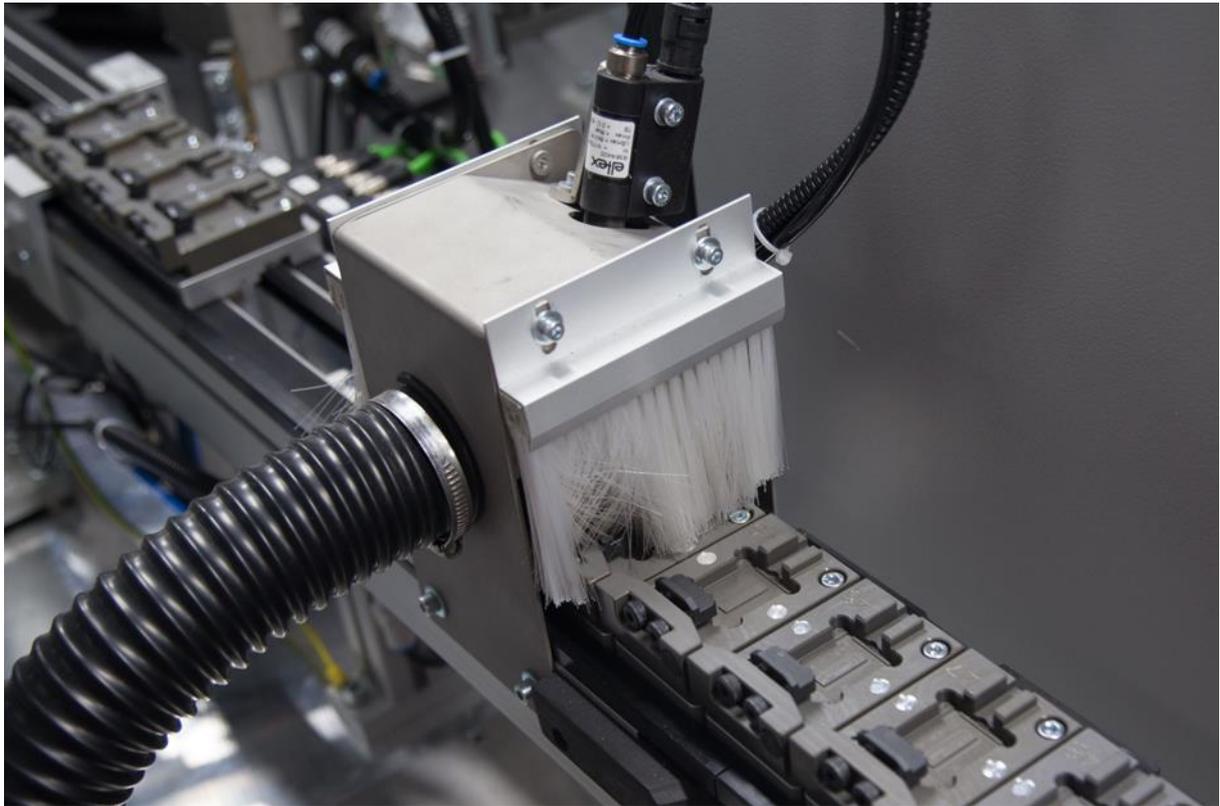


Abbildung 8: Reinigungsstation mit Abluftabsaugung (Foto vom 29.11.2016)

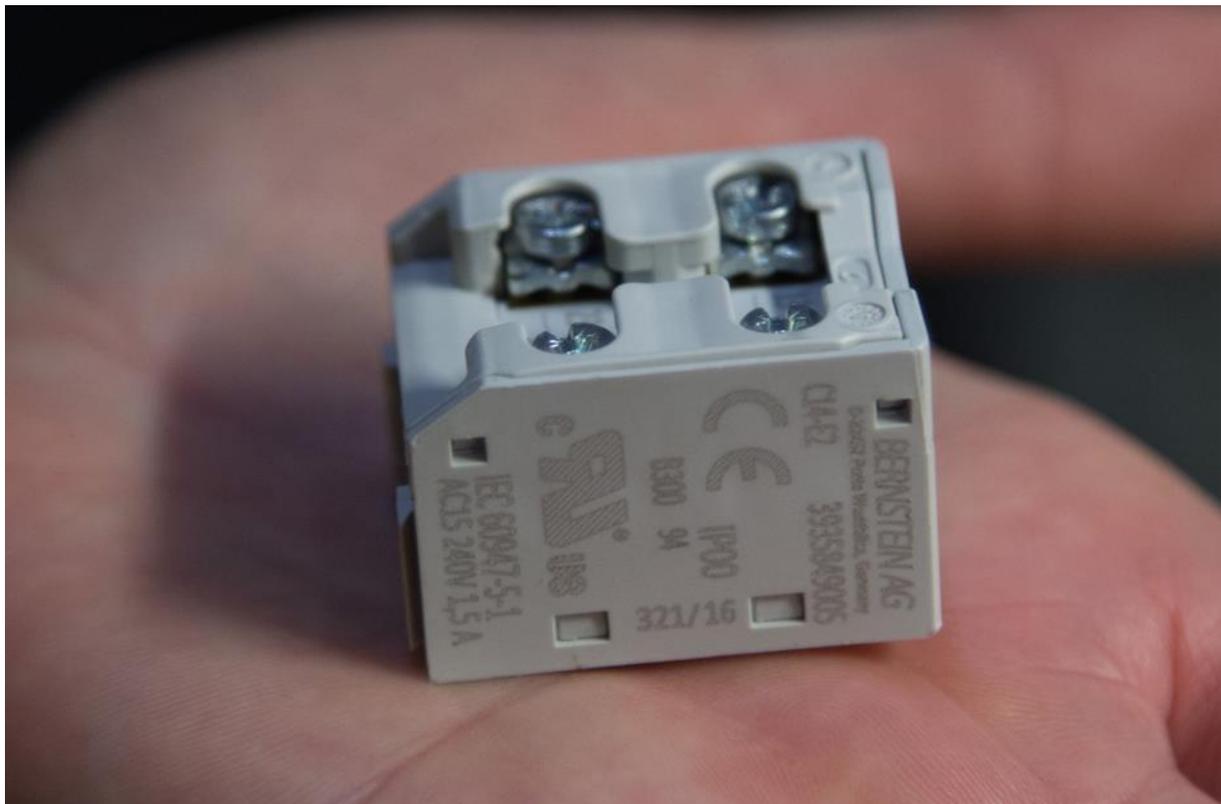


Abbildung 9: Fertiggestelltes C14 Schaltsystem nach erfolgreicher Prüfung mit Laserbeschriftung (Foto vom 29.11.2016)

Der Abschluss des Probetriebes (Erreichung insbesondere der geforderten Qualitätsparameter der Produkte) dauerte bis Oktober 2017 an; am 30.10.2017 startete der Dauerbetrieb und die sechsmonatige Erfolgskontrolle für das Vorhaben. Eine erste Teilabnahme fand am 15.12.2017 statt, die finale Abnahme der Anlage erfolgte am 09.03.2018. Die Erfolgskontrolle für diesen Abschlussbericht wurde am 30.04.2018 beendet.

## **2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)**

Zur Errichtung der Anlage war keine behördliche Genehmigung erforderlich. Die Anlage wurde sicherheitstechnisch beurteilt und ist für den Betrieb freigegeben.

## **2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten**

Der innovative C14-Montageautomat ist mit modernsten Systemen zur Erfassung von Produktions- und Maschinendaten ausgerüstet, der Stromverbrauch wird über einen eigenen Zähler erfasst. Damit können alle relevanten Betriebsdaten kontinuierlich erfasst und ausgewertet werden. Auf dieser Grundlage kann der Erfolg der Maßnahme bezüglich Material- und Energieeinsatz detailliert nachgewiesen werden.

Die in dem Fertigungsautomaten enthaltene Messeinheit speichert für jeden Schalter die nachfolgenden Eigenschaften und überprüft und speichert die Ergebnisse:

- Schaltpunkt Öffner (mm)
- Schaltpunkt Schließer (mm)
- Rückschaltpunkt Öffner (mm)
- Rückschaltpunkt Schließer (mm)
- Flugzeit (ms)
- Preldauer (ms)
- Schaltkräfte (N)
- Schaltwege (mm)
- Anschlagkraft (N)
- Anschlagweg (mm)
- Kontaktwiderstand Öffner max. (mOhm)
- Kontaktwiderstand Schließer max. (mOhm)
- Prüfung der Isolationseigenschaften

Die Datenspeicherung erfolgt automatisch und ist für jeden gefertigten Schalter abrufbar. Eine Überprüfung der Qualitätsmerkmale ist nach Inbetriebnahme jederzeit möglich und kann für statistische Auswertungen genutzt werden.

## **2.6 Konzeption und Durchführung der Erfolgskontrolle**

Aufgrund der messtechnischen Ausrüstung und der entsprechenden Infrastruktur zur Datenerfassung und -auswertung werden seit der Inbetriebnahme der Anlage am 30.10.2017 Messdaten erfasst. Die Auswertung der Messergebnisse bezieht sich nachfolgend auf die bei Antragstellung prognostizierten Umwelteffekte bezogen auf die Energie- und

Materialeinsparung in der Schalterfertigung im Zeitraum der Erfolgskontrolle vom 30.10.2017 bis 30.04.2018. Im April 2018 wurden keine Schalter gefertigt.

### 3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung

#### 3.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung

Das Vorhaben wurde erfolgreich abgeschlossen und die erzielten Umwelteffekte liegen teilweise sogar über den erwarteten Ergebnissen. Die Verzögerungen im Vorhaben resultieren daraus, dass das Vorhaben eine komplette Neukonzeptionierung der Montagetechnik umsetzt, die die Energieeffizienz und Fehlersicherheit auf ein neues Niveau hebt. Die dazu erforderliche Verbindung von Montagegeschwindigkeit, Schalterverfügbarkeit, Prozessüberwachung und Prüftechnik erforderte einen deutlich kleinteiligeren, zeitaufwändigeren und diffizileren Anpassungs- und Optimierungsprozess, als ursprünglich geplant und abgeschätzt.

Leistungsprobleme bezüglich der sogenannten „Schalterverfügbarkeit“ der Produkte wurden durch gezielte Anpassungs- und Optimierungsarbeiten behoben. Probleme bei der Werkstoffwahl (Abriebeffekte) wurden durch umfangreiche Optimierungsarbeiten gelöst. Ebenso wurde zur Verbesserung der Reibungseigenschaften der Einsatz von diversen Gleitmittel (Beschichtungsmaterial/Schmiermittel) getestet und letztlich der PFPE-Schmierstoff „Fenslube 25550“ gewählt. Bezogen auf den Einsatz des Beschichtungsstoffs PFPE wurden Möglichkeiten der Substituierbarkeit geprüft, die jedoch nicht zum Tragen kamen, weil die erforderlichen Eigenschaften und technischen Anforderungen nur mit einem Gleitmittel auf PFPE-Basis erreicht und eingehalten werden.

Die durchgeführte Erfolgskontrolle nach Inbetriebnahme der Anlage war sehr hilfreich, da weitere Erkenntnis für technische Optimierungen gewonnen wurden.

#### 3.2 Stoff- und Energiebilanz

Im Rahmen der Erfolgskontrolle vom 30.10.2017 bis 30.04.2018 wurden insgesamt 67.045 Schalter gefertigt, vergleiche Tabelle 5. Dabei handelte sich um die nachfolgend dargestellten Schleischalter- und Sprungschaltersysteme.

##### Schleischaltersysteme:

C14-U1Z	393.5149.002
C14-UV1Z	393.5349.003
C14-E2	393.5849.005
C14-A2Z	393.5849.007

##### Sprungschaltersysteme:

C14-SU1Z	393.5199.001
C14-SE2	393.5899.004
C14-SA2Z	393.5899.006

Die nachfolgende Tabelle 5 visualisiert die Anzahl der gefertigten Schalter während der Erfolgskontrolle. Bezogen auf die insgesamt gefertigten 67.045 Schaltern hatten nur 1.094 Schalter Beanstandungen (somit nicht i.O.), das ergibt eine Ausschussquote von 1,08%. Diese Ausschussquote liegt damit signifikant unter dem geplanten 3% Ausschuss.

		Nov 17		Dez 17		Jan 18		Feb 18		Mrz 18		Apr 18		Mai 18	
		Menge	N.I.O	Menge	N.I.O	Menge	N.I.O	Menge	N.I.O	Menge	N.I.O	Menge	N.I.O	Menge	N.I.O
3935149002	C14-U1Z	4.581	81	2.075	0	0	0	0	0	1.368	0	0	0	1.010	8
3935349003	C14-UV1Z	614	15	501	1	1.053	3	0	0	0	0	0	0	0	0
3935849005	C14-E2	510	10	1.032	10	0	0	0	0	4.041	39	0	0	0	0
3935849007	C14-A2Z	3.936	99	0	0	1.226	23	4.835	24	2.020	20	0	0	3.567	0
<b>Summe Schleichschaltersystem</b>		<b>9.641</b>	<b>205</b>	<b>3.608</b>	<b>11</b>	<b>2.279</b>	<b>26</b>	<b>4.835</b>	<b>24</b>	<b>7.429</b>	<b>59</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4.577</b>	<b>8</b>
3935199001	C14-SU1Z	6.149	239	1.943	14	0	0	7.667	94	4.500	81	0	0	1.047	45
3935899004	C14-SE2	2.319	105	4.742	0	0	0	1.007	5	0	0	0	0	0	0
3935899006	C14-SA2Z	1.377	130	812	35	0	0	3.558	13	0	0	0	0	0	0
<b>Summe Sprungschaltersystem</b>		<b>9.845</b>	<b>474</b>	<b>7.497</b>	<b>49</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12.232</b>	<b>112</b>	<b>4.500</b>	<b>81</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1.047</b>	<b>45</b>

Tabelle 5: Anzahl der gefertigten Schalter während der Erfolgskontrolle

In Anlage 6.2 sind die verwendeten Materialien für den C14 Schalter detailliert aufgelistet.

Tabelle 6 fasst zusammen, dass deutliche größere Einsparungen des Metallanteiles erzielt werden konnten als ursprünglich geplant. Der Kunststoffverbrauch liegt minimal über den Zielwerten, reduziert sich aber in Summe mit 17,55 g deutlich zu einem herkömmlich gefertigten Schaltersystem und liegt in der Größenordnung der Zielsetzung.

Schalter	Kunststoffanteil	Metallanteil	Gesamtgewicht
C96 (Ist-Situation)	29,39 g	8,24 g	37,63 g
C14 (Plan-Situation)	11,35 g	7,34 g	18,69 g
C14 (Ziel-Situation)	11,84 g	7,26 g	19,10 g
Erzielte Einsparung	17,55 g	0,98 g	18,53 g

Tabelle 6: Materialeinsatz und erreichte Einsparung je Schalter

Nachfolgende Tabelle 7 vergleicht die herkömmliche Fertigung mit dem innovativen Schalterautomaten C14.

	Stand der Technik C96	Innovative Fertigung Soll C14	Innovative Fertigung IST C14	Unterschreitung Prognose (SOLL vs. IST)
Leistungsaufnahme	2080 Watt	3160 Watt	3160 Watt	-
Geplante Ausbringung	200	900	900	-
Tatsächliche Ausbringung/Stück	82	800	837	37
Gutteile/h	53	800	828	28
Ausschussquote	35,40 %	3,00 %	1,08 %	1,92 %
Kunststoff pro Schalter	29,39 g	11,35 g	11,84 g	+ 0,49 g
Metall pro Schalter	8,24 g	7,34 g	7,26 g	0,08 g

Tabelle 7: Materialeinsatz und erreichte Einsparung je Schalter

Während des Probetriebes wurde festgestellt, dass es in der Fertigung zu Abriebspuren am Schalter kam, die sich negativ auf die Reibungs- und Gleiteigenschaften des Schalters auswirkten. Die Laufleistung der Schalter wurde durch die Abriebspuren auf 100.000 Stunden begrenzt. Das Problem wird durch den Einsatz eines Gleitmittels (Fenslube 25550) gelöst. Die Lebensdauer der Schalter wird durch Einsatz des Schmierstoffes auf über 1.500.000 Stunden verlängert. Bezogen auf die in der sechsmonatigen Erfolgskontrolle gefertigten 67.045 Schalter ergibt sich ein Bedarf an Fenslube 25550 von 871,59 g.

Damit die Versorgung nicht nur aus einer Quelle kommt und die Kosten im Markt verglichen werden können, wird ein vergleichbarer Schmierstoff des Herstellers: Costenoble (Hersteller: Costenoble GmbH & Co.KG, Bezeichnung: OSIXO OS 0310, Basis: PFPE-Öl Handelsname: Krytox GPL 103 Mischungsverhältnis 1:9) eingeführt. Die Funktions- und Lebensdauerprüfungen an den C14, mit diesem Schmierstoff, wurden gleichzeitig mit dem Produkt: Fenslube durchgeführt und zeigen die gleiche positive verschleißmindernde Wirkung.

Die umwelt- und arbeitsschutzgerechte Handhabung wird sichergestellt. Die Dosieranlage ist ein geschlossenes System und der äußerst geringe leichtflüchtige Anteil des Fenslube (Galden) wird im Raum der Montageanlage durch die vorhandene Lüftungsanlage an die Umgebung abgeben.

Produktionsabfälle entstehen nur zusammen mit den N.I.O-Schaltern und werden nach Vorgabe entsorgt.

Die Handhabung und Lagerung des Schmiermittels erfolgen nur in den Originalgebinden und gemäß Sicherheitsdatenblatt.

### 3.3 Umweltbilanz

Tabelle 9 visualisiert die Umwelteffekte bezogen auf die bei Antragstellung bezogene IST-Situation von 180.000 Schaltern (Gutteile) im Vergleich mit der innovativen Fertigung und gibt einen Ausblick auf die erzielbaren Umwelteffekte bezogen auf die prognostizierten Schalterbedarfe für 2019 und 2020.

Es muss hervorgehoben werden, dass die Ausschussquote von 35 % auf 1,08% gesenkt werden konnte und damit sogar die erwartete Reduktionsprognose von 3,0% deutlich übertrifft.

Insgesamt werden bezogen auf die bei Antragstellung gewählte Schaltermenge von 180.000 Stück die nachfolgenden Umwelteffekte erreicht:

- Reduktion des Kunststoffverbrauches (Polyamid) um 3,5 t/a  
und einer damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Einsparung von 13,2 t/a
- Reduktion des Metalleinsatzes (Stahl, niedrig legiert) um 0,9 t/a  
und einer damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Einsparung von 1,8 t/a
- Reduktion des Energiebedarfes um 6 MWh/a  
und einer damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Einsparung von 3,5 t/a

Insgesamt können im Vergleich die bei Antragstellung erwarteten Einsparungen an CO<sub>2</sub>-Emissionen bezogen auf die Ausbringung von 180.000 Schaltern Jahresleistung mit 16,7 t/a übertroffen werden.

Bei einem prognostizierten Jahresbedarf von 600.000 Schaltern in 2020 beträgt die hochgerechnete Einsparung an CO<sub>2</sub>-Emissionen 56 t/a.

		Konventionell	Innovativ	2019	2020
		-2013	-2018		
	C14 Bedarf (Gutteile)	180.000	100.000	350.000	600.000
	<b>Ausschussreduzierung</b>				
Stand der Technik	Ausschuss (35%)	96.923	53.846	188.462	323.077
	Kunststoff (Polyamid)	2.849 kg	1.583 kg	5.539 kg	9.495 kg
	CO2-Emissionen	12.007 kg	6.670 kg	23.346 kg	40.022 kg
	Metall (Stahl, niedrig legiert)	798 kg	443 kg	1.552 kg	2.661 kg
	CO2Emissionen	1.573 kg	874 kg	3.058 kg	5.242 kg
	Gesamtmenge Ausschuss	3.647 kg	2.026 kg	7.091 kg	12.156 kg
	Gesamt CO2-Emissionen	13.579 kg	7.544 kg	26.404 kg	45.264 kg
Innovative Fertigung	Ausschuss (1,08%)	5.567	1.080	3.780	6.480
	Kunststoff	63 kg	13 kg	45 kg	77 kg
	CO2-Emissionen	266 kg	54 kg	189 kg	323 kg
	Metall	41 kg	9 kg	31 kg	53 kg
	CO2-Emissionen	80 kg	18 kg	61 kg	105 kg
	Gesamtmenge Ausschuss	104 kg	22 kg	76 kg	130 kg
	Gesamt CO2-Emissionen	347 kg	71 kg	250 kg	429 kg
	<b>Ausschussreduzierung gesamt</b>	<b>3,5 t</b>	<b>2,0 t</b>	<b>7,0 t</b>	<b>12,0 t</b>
	<b>CO2 -Einsparung Rohstoffe</b>	<b>13,2 t</b>	<b>7,5 t</b>	<b>26,2 t</b>	<b>44,8 t</b>
	<b>Relative Einsparung</b>	<b>97%</b>	<b>99%</b>	<b>99%</b>	<b>99%</b>
	<b>Energiebedarf</b>				
Stand der Technik	Gesamt Stückzahl (Bedarf und Ausschuss)	276.923	153.846	538.462	923.077
	Laufzeit	3.377 h	1876 h	6567 h	11257 h
	Energiebedarf	7 MWh	4 MW/h	14 MW/h	23 MW/h
	CO2-Emissionen	3,9 t	2,1 t	7,5 t	12,9 t
Innovative Fertigung	Gesamt Stückzahl (Bedarf und Ausschuss)	185.567	101.080	353.780	606.480
	Laufzeit	232 h	121 h	423 h	725 h
	Energiebedarf	1 MWh	0,4 MW/h	1,3 MW/h	2,3 MW/h
	CO2-Emissionen	0,4 t	0,2 t	0,7 t	1,3 t
	<b>Energieeinsparung</b>	<b>6 MWh</b>	<b>4 MW/h</b>	<b>12 MW/h</b>	<b>21 MW/h</b>
	<b>CO2 -Einsparung Energie</b>	<b>3,5 t</b>	<b>1,9 t</b>	<b>6,8 t</b>	<b>11,6 t</b>
	<b>Relative Einsparung</b>	<b>90%</b>	<b>90%</b>	<b>90%</b>	<b>90%</b>
	<b>CO2 -Einsparung Gesamt</b>	<b>16,7 t</b>	<b>9,4 t</b>	<b>32,9 t</b>	<b>56,5 t</b>

Tabelle 8: Erzielte Umwelteffekte (Stand der Technik (konventionell) im Vergleich zur innovativen Fertigung)

Wie die Tabelle Umweltbilanz aufzeigt, konnten die Projektziele in der Praxis erreicht werden und teilweise sogar noch deutlich unterschritten werden.

### **3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse**

Für die Wirtschaftlichkeitsanalyse werden die Umwelteffekte und die damit verbundenen Einsparungen mit Preisen analog zur Antragstellung auf die Fertigung von 600.000 Schaltern (Gutteile) bezogen. Diese Fertigungsmenge soll bis 2020 erreicht werden und ist repräsentativ für die Laufzeit von 10 Jahren.

Bei Antragstellung wurden die erwarteten Kosteneinsparungen durch Ausschussvermeidung (bezogen auf eine erwartete Ausschussquote von 3%) mit 0,68 €/Schalter und die Stromeinsparung mit 0,1 €/kWh kalkuliert. Damit wurden Einsparungen in Höhe von 0,23€ je Schalter erwartet.

Die Ausschussquote wurde jedoch deutlich auf 1,08% reduziert, damit beträgt die Kosteneinsparung je Schalter 0,51 €. Dazu kommt der Schmiermitteleinsatz Fenslube 25550 (Mischungsverhältnis 1:9). Je Schalter werden 0,013 g zu dosiert, somit liegt der jährliche Verbrauch bezogen auf 180.000 Schalter (Gutteile) und einer berücksichtigten Ausschussquote von 1,8% (3.240 Schalter mit Beanstandungen) bei 2,38 kg. Der Preis je kg beträgt 144 €.

Die ursprünglich geplanten Anschaffungskosten von 2.547.580,00 € wurden um 85.663,38 € überschritten und betragen 2.633.243,38 €.

Die Kapitalrückflussdauer nach Durchführung der Erfolgskontrolle beträgt 7,5 Jahre, vergleiche nachfolgende statische Amortisationsrechnung. Für die Ermittlung der Kapitalrückflussdauer wurden die Produktionszahlen von 2020 zugrunde gelegt.

<b>Amortisationsrechnung (Kapitalrückfluss-, Pay back Methode)</b>			
	<b>Gesamtinvestition ohne Beihilfe</b>	<b>Gesamtinvestition mit Beihilfe</b>	<b>Bemerkung</b>
<b>Anschaffungskosten [€]:</b>	2.633.244	2.633.244	
<b>Restwert [€]:</b>	0	0	
<b>Beihilfe [€]:</b>	0	716.653	
<b>Anschaffungskosten - Beihilfe [€]:</b>	2.633.244	1.916.591	
<b>Nutzungsdauer [a]:</b>	10	10	
<b>Kalkulatorischer Zins [%]:</b>	5	5	
<b>Kalkulatorische Abschreibung [€]:</b>	263.324	263.324	
<b>Energieeinsparung [€]:</b>	-2.100	-2.100	21 MWh/a x 0,10 €/kWh
<b>Schmiermitteleinsatz</b>	1.135	1.135	0,013 g/Schalter mit 144 €/kg
<b>Saldo Material [€]:</b>	306.000	306.000	Ausschussreduzierung: 0,51 €/Schalter
<b>Kapitalkosten [€]:</b>	<b>-329.155</b>	<b>-311.239</b>	
<b>Saldo Sonstiges [€]:</b>			
<b>Jährliche Kosteneinsparung:</b>	-24.120	-6.204	
<b>Amortisationszeit [a]:</b>	<b>11,0</b>	<b>7,5</b>	

Tabelle 9: Amortisationsrechnung nach Erfolgskontrolle des Projekts

### 3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

Der innovative C14-Montageautomat ist so noch nicht umgesetzt worden und geht deutlich über den aktuellen Stand der Technik hinaus.

Wo in den 90er Jahren die Schalter mit Zwangsöffnung für die Überwachung von Zugängen für Personen und Positionen von Maschinenteilen ihr Signal in eine vorwiegend durch Relais und Schütze betriebene Steuerung lieferten, werden heute in weiten Bereichen der Industrie elektronische Sicherheitssteuerungen eingesetzt. Durch die Anforderung, kleine Ströme bei kleinen Spannungen zu schalten und gleichzeitig die normativen Anforderungen der DIN EN 60947-5-1 an die zwangsgeführten Kontakte zu erfüllen, sind die Konstruktionen der Schalter aus dem letzten Jahrhundert an ihre Grenzen geraten.

Hierbei kommt es in der Praxis nicht zu einem Verlust der Sicherheitsfunktion, sondern vielmehr zu einem Verlust der Verfügbarkeit des Schalters. Dieser Verlust der Verfügbarkeit kann in der Praxis dazu führen, dass ein unzuverlässiger Schalter durch Bedienpersonal der Maschine manipuliert wird und dann unter Umständen zu einem Sicherheitsrisiko wird. Den Verfassern der Normen ist dieser Umstand seit langem bekannt. Es gibt seit etwa 2000 die Norm DIN EN 60947-5-4, die sich mit der Ermittlung der Kontaktzuverlässigkeit befasst. Da uns bei der Recherche der auf dem Markt vorhandenen Schaltern kein Datenblatt bekannt geworden ist, in dem die Kontaktzuverlässigkeit nach DIN EN 60947-5-4 beschrieben wird, ist davon auszugehen, dass auch unsere Mitbewerber keinen Schalter mit definierter Kontaktzuverlässigkeit anbieten können. Die Bernstein AG sieht es als absolute Innovation, ein Schaltsystem zu entwickeln, das eine hohe Kontaktzuverlässigkeit in den zugesicherten Eigenschaften abbilden kann.

Die von der Bernstein AG geplante Investition ist als erste Produktionsanlage darauf ausgelegt, neuartige Schalter mit höchster Kontaktzuverlässigkeit herstellen zu können. Um dies sicher zu stellen, war eine komplette Neukonzeptionierung der Montagetechnik notwendig. Diese Chance hat das Unternehmen genutzt, um gleichzeitig Energieeffizienz und Fehlersicherheit auf ein bisher nicht erreichtes Niveau zu heben. Die Verbindung von Montagegeschwindigkeit und neuer

Prozessüberwachung und -Prüftechnik ist als Gesamtkonzept neuartig. Da die Spezifikation zum Leistungsvermögen der Produktionsanlage erheblich über den Stand der Technik hinausgeht, sind erhebliche Effizienzvorteile gehoben worden.

## **4. Übertragbarkeit**

### **4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung**

Von der Planung bis zur Installation der Anlagenkomponenten war es von entscheidender Bedeutung, dass die beteiligten Personen in sehr engem Kontakt standen und so schnell, sicher und effektiv die Dinge vorantreiben konnten. Die handelnden Personen agierten mit hoher Kompetenz. Sich ergebende Schwierigkeiten wurden direkt vor Ort diskutiert und bestmöglich gelöst.

Die Inbetriebnahme und der Probetrieb zeigten, dass die erforderliche Verbindung von Montagegeschwindigkeit, Schalerverfügbarkeit, Prozessüberwachung und Prüftechnik deutlich kleinteiliger, zeitaufwändiger und diffiziler war als ursprünglich geplant und abgeschätzt.

### **4.2 Modellcharakter/Übertragbarkeit**

Die Anlage stellt die erstmalige Umsetzung eines innovativen Konzeptes dar. Wir erwarten, dass Marktbegleiter und andere Unternehmen der Elektronikindustrie große Anstrengungen unternehmen werden, um vergleichbare Effizienzerfolge zu erzielen – dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund der hohen Kosten bei Qualitätsausschuss. Entscheidend ist unserer Meinung auch, dass wir bewiesen haben, dass auch bei der Produktion sicherheitsrelevanter Elektronik für das Erreichen anspruchsvoller Spezifikationen keine erheblichen „Schrottquoten“ in Kauf genommen werden müssen.

## **5. Zusammenfassung/Summary**

### **5.1 Zusammenfassung**

#### **Einleitung**

Die Bernstein AG ist ein inhabergeführtes Unternehmen in Familienbesitz. Das Unternehmen wurde 1947 gegründet und wird in der 3. Generation von Nicole und Achim Bernstein geführt. Die Bernstein AG ist ein weltweit führender Entwickler und Hersteller von Schaltern, Sensoren, Gehäusen und Tragarmsystemen sowie weiteren Komponenten für industrielle Anwendungen.

Die Produktion von Schaltertechnik erfolgte zuvor über eine Fertigungsanlage, die für eine Ausbringungsmenge von 200 Schalter/Stunde konzipiert war. Die tatsächliche Menge der montierten Schalter lag bei durchschnittlich 82 Schalter/h. Im Fertigungsautomat war eine Prüfeinheit enthalten, die durchschnittlich 35% der Schalter als fehlerhaft erkannte. Bei einer Ausschussquote von 35% müssen zur Erzeugung von 180.000 Gutteilen mehr als 275.000 Schalter gefertigt werden.

Bei einem Stückgewicht von ca. 38 g je Stück (30 g Kunststoff, 8 g Metall) bedeutet dies, dass pro Jahr Verluste von ca. 2.850 kg Kunststoff und ca. 800 kg Metall entstanden, die entsorgt

werden mussten. Die gemessene Leistungsaufnahme der Anlage lag bei 2080 Watt. Die Ausschussprodukte wurden zu 100 % als Siedlungsabfall entsorgt und deponiert. Die Verluste durch Ausschuss stehen am Ende einer komplexen Wertschöpfungskette; der Ausschuss muss entsorgt werden. Ökonomisch wurde der Ausschuss mit dem Materialwert der verarbeiteten Komponenten bewertet.

## **Vorhabenumsetzung**

Die Bernstein AG realisierte die Errichtung einer innovativen Montageanlage zur fehlerfreien, material- und energieeffizienten Herstellung höchstzuverlässiger Schalter für den industriellen Einsatz. Dabei wurde erstmals ein Montagekonzept umgesetzt, das es erlaubt, neue Qualitäts- und Sicherheitsstandards bezüglich der herzustellenden Produkte mit einem im betroffenen Marktsegment bisher nicht erreichten, spezifisch niedrigem Energie- und Materialverbrauch herzustellen.

## **Ergebnisse**

Das Vorhaben wurde erfolgreich abgeschlossen und die erzielten Umwelteffekte liegen teilweise über den erwarteten Ergebnissen. Die Verzögerungen im Vorhaben resultieren daraus, dass das Vorhaben eine komplette Neukonzeptionierung der Montagetechnik umsetzt, die die Energieeffizienz und Fehlersicherheit auf ein neues Niveau hebt. Die dazu erforderliche Verbindung von Montagegeschwindigkeit, Schalterverfügbarkeit, Prozessüberwachung und Prüftechnik erforderte einen deutlich kleinteiligeren, zeitaufwändigeren und diffizileren Anpassungs- und Optimierungsprozess, als ursprünglich geplant und abgeschätzt.

Problemen bei der Werkstoffwahl (Abriebeffekte) wurden durch umfangreiche Materialtests und Optimierungsarbeiten begegnet. Ebenso wurde zur Verbesserung der Reibungseigenschaften der Einsatz von diversen Gleitmitteln (Beschichtungsmaterial/Schmiermittel) getestet und letztlich der PFPE Schmierstoff Fenslube 25550 gewählt.

In der nachfolgenden Tabelle 10 ist auf Basis der Ergebnisse des durchgeführten Messprogramms zusammenfassend die Umweltbilanz des Vorhabens hochgerechnet auf prognostizierten Produktionszahlen dargestellt.

		Konventionell	Innovativ	2019	2020
		-2013	-2018		
	C14 Bedarf (Gutteile)	180.000	100.000	350.000	600.000
	<b>Ausschussreduzierung</b>				
Stand der Technik	Ausschuss (35%)	96.923	53.846	188.462	323.077
	Kunststoff (Polyamid)	2.849 kg	1.583 kg	5.539 kg	9.495 kg
	CO2-Emissionen	12.007 kg	6.670 kg	23.346 kg	40.022 kg
	Metall (Stahl, niedrig legiert)	798 kg	443 kg	1.552 kg	2.661 kg
	CO2Emissionen	1.573 kg	874 kg	3.058 kg	5.242 kg
	Gesamtmenge Ausschuss	3.647 kg	2.026 kg	7.091 kg	12.156 kg
	Gesamt CO2-Emissionen	13.579 kg	7.544 kg	26.404 kg	45.264 kg
Innovative Fertigung	Ausschuss (1,08%)	5.567	1.080	3.780	6.480
	Kunststoff	63 kg	13 kg	45 kg	77 kg
	CO2-Emissionen	266 kg	54 kg	189 kg	323 kg
	Metall	41 kg	9 kg	31 kg	53 kg
	CO2-Emissionen	80 kg	18 kg	61 kg	105 kg
	Gesamtmenge Ausschuss	104 kg	22 kg	76 kg	130 kg
	Gesamt CO2-Emissionen	347 kg	71 kg	250 kg	429 kg
	<b>Ausschussreduzierung gesamt</b>	<b>3,5 t</b>	<b>2,0 t</b>	<b>7,0 t</b>	<b>12,0 t</b>
	<b>CO2 -Einsparung Rohstoffe</b>	<b>13,2 t</b>	<b>7,5 t</b>	<b>26,2 t</b>	<b>44,8 t</b>
	<b>Relative Einsparung</b>	<b>97%</b>	<b>99%</b>	<b>99%</b>	<b>99%</b>
	<b>Energiebedarf</b>				
Stand der Technik	Gesamt Stückzahl (Bedarf und Ausschuss)	276.923	153.846	538.462	923.077
	Laufzeit	3.377 h	1876 h	6567 h	11257 h
	Energiebedarf	7 MWh	4 MW/h	14 MW/h	23 MW/h
	CO2-Emissionen	3,9 t	2,1 t	7,5 t	12,9 t
	Innovative Fertigung	Gesamt Stückzahl (Bedarf und Ausschuss)	185.567	101.080	353.780
Laufzeit		232 h	121 h	423 h	725 h
Energiebedarf		1 MWh	0,4 MW/h	1,3 MW/h	2,3 MW/h
CO2-Emissionen		0,4 t	0,2 t	0,7 t	1,3 t
	<b>Energieeinsparung</b>	<b>6 MWh</b>	<b>4 MW/h</b>	<b>12 MW/h</b>	<b>21 MW/h</b>
	<b>CO2 -Einsparung Energie</b>	<b>3,5 t</b>	<b>1,9 t</b>	<b>6,8 t</b>	<b>11,6 t</b>
	<b>Relative Einsparung</b>	<b>90%</b>	<b>90%</b>	<b>90%</b>	<b>90%</b>
	<b>CO2 -Einsparung Gesamt</b>	<b>16,7 t</b>	<b>9,4 t</b>	<b>32,9 t</b>	<b>56,5 t</b>

Tabelle 10: Umweltbilanz des Vorhabens

Die ursprünglich geplanten Anschaffungskosten von 2.547.580,00 € wurden um 85.663,38 € überschritten und betragen 2.633.243,38 €. Die Kapitalrückflussdauer nach Durchführung des Messprogramms beträgt 11 Jahre unter Berücksichtigung der Finanzierungskosten, Abschreibungen und der stabilisierten Hochrechnung. Rechnet man den Zuschuss mit ein beträgt die Kapitalrückflussdauer 7,5 Jahre.

## **Ausblick**

Die erfolgreiche Projektdurchführung und die erzielten Ergebnisse des Projektes ermöglichen eine Übertragbarkeit dieses Verfahrens auf Marktbegleiter und andere Unternehmen der Elektronikindustrie.

Das Vorhaben hat eine komplette Neukonzeptionierung der Montagetechnik umgesetzt, die die Energieeffizienz und Fehlersicherheit auf ein neues Niveau hebt und in der Verbindung von Montagegeschwindigkeit und Prozessüberwachung und Prüftechnik einen neuen Stand der Technik setzt.

## **5.2 Summary**

### **Introduction**

Bernstein AG is a family-run company which was founded in 1947 and is managed by Nicole and Achim Bernstein in the third generation. Bernstein AG is a worldwide leader in the field of developing and producing switches, sensors, housings and support arm systems as well as other components for industrial applications.

The production of switches was previously carried out by a production plant which was designed for an output quantity of 200 switches per hour. The actual amount of assembled switches was 82 switches per hour on average. The production facility contained a test unit which was able to detect that 35% of the switches as faulty on average. Given a scrap rate of 35%, more than 275,000 switches need to be produced to generate 180,000 good parts.

This means that, given a unit weight of approx. 38 g per piece (30 g plastics, 8 g metal), annual losses of approx. 2,850 kg plastics and approx. 800 kg metal occurred, which needed to be disposed of. The measured power input of the plant was 2,080 watts. The scrap products were disposed of and deposited as municipal solid waste to 100%. The losses caused by scrap stand at the end of a complex value creation chain; the scrap must be disposed of. Economically, the scrap was valued with the material value of the processed components.

### **Project implementation**

Bernstein AG realized the installation of an innovative assembly plant for the flawless as well as material and energy-efficient production of highly reliable switches for industrial use. For the first time, an assembly concept was implemented allowing the fulfilment of new quality and safety standards regarding the manufactured products with a specific low energy and material consumption which in this market segment had never been achieved before.

### **Project results**

The project was successfully completed and the achieved environmental effects are partly above the expected results. The project delays resulted from the fact that the project implements a completely new concept of assembly technology raising the energy efficiency and error-security to a new level. The necessary connection between assembly speed, availability of switches, process monitoring and inspection technology required a considerably more detailed, time-consuming and difficult adaptation and optimization process than was originally planned and assessed.

Problems with regards to the material selection (abraision effects) were tackled by carrying out extensive material tests and optimization works. Also, the use of various slip agents (coating material/lubricants) was tested in order to improve friction properties, although eventually the the PFPE lubricant Fenslube 25550 was chosen.

The following table 10 shows a summary of the project's environmental balance on the basis of the conducted measuring programme, extrapolated to the predicted production figures.

		Conventional	Innovative	2019	2020
		-2013	-2018		
	C14 demand (good parts)	180,000	100,000	350,000	600,000
	<b>Reduction of scrap</b>				
State of the Art	Scrap (35%)	96,923	53,846	188,462	323,077
	Plastic (Polyamide)	2,849 kg	1,583 kg	5,539 kg	9,495 kg
	CO2 emissions	12,007 kg	6,670 kg	23,346 kg	40,022 kg
	Metal (Steel, low-alloyed)	798 kg	443 kg	1,552 kg	2,661 kg
	CO2 emissions	1,573 kg	874 kg	3,058 kg	5,242 kg
	Total amount of scrap	3,647 kg	2,026 kg	7,091 kg	12,156 kg
	CO2 emissions in total	13,579 kg	7,544 kg	26,404 kg	45,264 kg
Innovative Production	Scrap (1,08%)	5,567	1,080	3,780	6,480
	Plastic	63 kg	13 kg	45 kg	77 kg
	CO2 emissions	266 kg	54 kg	189 kg	323 kg
	Metal	41 kg	9 kg	31 kg	53 kg
	CO2 emissions	80 kg	18 kg	61 kg	105 kg
	Total amount of scrap	104 kg	22 kg	76 kg	130 kg
	CO2 emissions in total	347 kg	71 kg	250 kg	429 kg
	<b>Reduction of scrap in total</b>	<b>3.5 t</b>	<b>2.0 t</b>	<b>7.0 t</b>	<b>12.0 t</b>
	<b>CO2 savings raw materials</b>	<b>13,2 t</b>	<b>7,5 t</b>	<b>26,2 t</b>	<b>44,8 t</b>
	<b>Relative savings</b>	<b>97%</b>	<b>99%</b>	<b>99%</b>	<b>99%</b>
	<b>Energy demand</b>				
State of the art	Total number of parts (demand and scrap)	276.923	153.846	538.462	923.077
	Duration	3.377 h	1876 h	6567 h	11257 h
	Energy demand	7 MWh	4 MW/h	14 MW/h	23 MW/h
	CO2 emissions	3,9 t	2,1 t	7,5 t	12,9 t
Innovative Production	Total number of parts (demand and scrap)	185,567	101,080	353,780	606,480
	Duration	232 h	121 h	423 h	725 h

	Energy demand	1 MWh	0.4 MW/h	1.3 MW/h	2.3 MW/h
	CO2 emissions	0.4 t	0.2 t	0.7 t	1.3 t
	Energy savings	6 MWh	4 MW/h	12 MW/h	21 MW/h
	CO2 savings energy	3.5 t	1.9 t	6.8 t	11.6 t
	Relative savings	90%	90%	90%	90%
	CO2 savings in total	16.7 t	9.4 t	32.9 t	56.5 t

Table 11: Environmental impact of the project

## Prospects

The successful project implementation as well as the achieved results of the project makes it possible to transfer this process to competitors and other companies in the electrical industry.

The project has implemented a completely new concept of assembly technology raising the energy efficiency and security in terms of errors to a new level as well as creating new state-of-the-art technology as regards assembly speed, process monitoring and inspection technology.

## **6. Anlagen**

6.1 Materialauflistung Schalter T12 in herkömmlicher Fertigung

6.2 Materialauflistung Schalter C14 in innovativer Fertigung

6.3 Aufstellplan Montageautomat C14

6.4 Datenblätter Schmiermittel Fenslube 25550

6.1: Materialauflistung Schalter T12 (interne Bezeichnung: Ti2) in herkömmlicher Fertigung

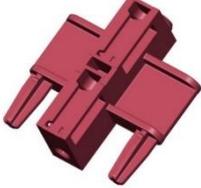
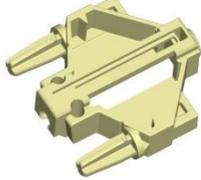
Schalter Ti2- Beispiel und Materialliste für einen Schalter, der auf dem C96-Montageautomaten gefertigt wird, Artikelnummer 608816705, Bezeichnung TI2-SU1Z Riw					
Artikelnummer	Bezeichnung	Menge	Gewicht (g)	Gesamtgewicht (g)	Material
3505900546	Ti2-Deckel	1	4,11	4,11 g	TPE_TC_4_YNA_Fa_Kraiburg (Weichkomponente)
3505900607	Ti2-Geh.M16	1	20,09	20,09 g	PBT_Later_4G/20-V0
3595900116	C96-Abdeckung TKR	1	2,31	2,31 g	PA6_Ultramid_T_KR_4365_G5
3525900117	C96-Br-Körper SU1	1	0,54	0,54 g	PA6_Ultramid_T_KR_4365_G5
3525900118	C96-Kon-Aufnahme SU1	1	0,69	0,69 g	PA6_Ultramid_T_KR_4365_G5
3595900117	Trennbalken-C96 SU1 TKR	1	0,06	0,06 g	PA6_Ultramid_T_KR_4365_G5
3230715175	Stopfen M16X1,5	1	0,38	0,38 g	PE-LD
3515900351	TI2-Stößel R	1	0,82	0,82 g	POM_Hostaform_C9021
3548900058	Manschette-GC	1	0,39	0,39 g	Feststoffsilikon_SI_19
3123800104	KON-WI-C96 AGNI	4	0,547	2,19 g	Metall
3123800105	KON-BR.C96 0,5 AGNI	2	0,297	0,59 g	Metall
3652100336	DRUCKF.0,23X2,87 X6,97	2	0,023	0,05 g	Metall
3652100335	DRUCKF.0,4X2,55X13,64	1	0,112	0,11 g	Metall
2600000273	ZYL.SCHR.M3,5X8 KL	4	1,308	5,23 g	Metall
3152800020	C96-OMEGAFEDER SU1	1	0,064	0,06 g	Metall
	<b>Gesamt Kunststoff</b>			<b>29,39 g</b>	
	<b>Gesamt Metall</b>			<b>8,24 g</b>	
Schalter C14- Beispiel und Materialliste für einen Schalter, der auf dem C14-Montageautomaten gefertigt wird. Artikel-Nr. 3935199001 C14-SU1Z					
Artikelnummer	Bezeichnung	Menge	Gewicht (g)	Gesamtgewicht (g)	Material
3505900778	C14-Gehäuseboden (Sprungschaltssystem Schleichschaltssystem Alle Anschlussarten)	1	2,14 g	2,14 g	Fa. Lati PA66 Latamid66 H2 G/25-V0HF1

3595900129	C14- Abdeckungsgehäuse -UAE (Schraubanschluss Schaltfunktionen: U/A/E inkl. Sprungfunktion)	1	6,53 g	6,53 g	Fa. Lati PA66 Latamid66 H2 G/25- V0HF1
3595900135	3595900135 C14-Schrauben- kappe (Schraubanschluss Verliersicherung d. Anschlussschrauben )	1	0,77 g	0,77 g	Fa. Lati PA66 Latamid66 H2 G/25- V0HF1
3525900129	3525900129 C14-Kon-Aufnahme- Sp. (Sprungsystem)	1	0,49 g	0,49 g	BASF PA6 Ultramid T KR 4365-G5
3525900130	3525900130 C14-Br-Körper (Sprungsystem)	1	1,14 g	1,14 g	EMS Grivory HT2V-3XV0 natur (beige)
3595900131	C14-Trennbalken (Sprungsystem)	1	0,14 g	0,14 g	Ticona POM- Hostaform C9021 GV1 20
3595900132	C14-Feder- Teleskop-Hülse (Sprungsystem)	2	0,04 g	0,08 g	Ticona POM- Hostaform C9021 SW
3595900133	C14-Feder- Teleskop-Bolzen (Sprungsystem)	2	0,03 g	0,06 g	Ticona POM- Hostaform C9021 SW
3123800133	Kon-Wi-C14-01 AgNi Schraubanschluss (Kontaktwinkel Rechts-vorn und rechts hinten als Öffner und Links- Vorn und Links hinten als Schließer)	2	0,60 g	1,20 g	CuZn37F37 Kontakt: AgNi 10
3123800134	Kon-Wi-C14-02 AgNi Schraubanschluss (Kontaktwinkel Links- vorn Links-hinten als Öffner und Rechts- vorn und Rechts- hinten als Schließer)	2	0,60 g	1,20 g	CuZn37F37 Kontakt: AgNi 10

3129000139	Kon-Br.C14 AgNi (Kontaktbrücke als BG mit Stanzteil, Ag- Kontakten und mit Kunststoff teil- ummantelt. Gerade Ausführung gleitoptimierter Kunststoff	2	0,15 g	0,30 g	CuZn37F37 Kontakt: AgNi 10 Umspritzung: Lati PPS Latilub 80-15T G/30
2600000533	Zyl.Schr.M3x6-5.8 Kl (Kontakt-Schraube mit selbstabhebender Klemmplatte)	4	1,00 g	4,00 g	Schraubenstahl 4.8 verzinkt Dickschichtpassiviert
3651100417	Druckf.0,45x4,05x17 ,7 (Hauptfeder für Arbeitshub)	2	0,20 g	0,40 g	EN 10270-3 1.4310-NS (normale Zugfestigkeit) X10CrNi18-8
3651100415	Druckf.0,43x3,23x9, 00 (Sprungfeder für Teleskop)	2	0,09 g	0,18 g	EN 10270-3 1.4310-NS (normale Zugfestigkeit) X10CrNi18-8
3652100416	Druckf.0,22x2,28x10 ,8 (Druckfeder- Kontaktbrücke)	2	0,03 g	0,06 g	EN 10270-3 1.4310-NS (normale Zugfestigkeit) X10CrNi18-8
	<b>Gesamt Kunststoff</b>			<b>11,35 g</b>	
	<b>Gesamt Metall</b>			<b>7,34 g</b>	

## 6.2: Materialauflistung Schalter C14 in innovativer Fertigung

C14 Stückliste						
Artikel-Nr	Benennung	Abbildung	Menge (Stück)	Einzelgewicht (g)	Gesamtgewicht (g)	Material
3505900778	C14-Gehäuseboden		1	2,14	2,140	Fa. Lati PA66 Latamid66 H2 G/25-V0HF1 Farbe: Grau RAL 7047 (Telegrau 4) Mit Laserbatch
3595900129	C14-Abdeckungsgehäuse-UAE		1	6,53	6,530	Fa. Lati PA66 Latamid66 H2 G/25-V0HF1 Farbe: Grau RAL 7047 Mit Laserbatch
3595900130	C14-Abdeckungsgehäuse-UV1 (Schraubanschluss Schaltfunktionen: UV1)		1	6,77	6,770	Fa. Lati PA66 Latamid66 H2 G/25-V0HF1 Farbe: Grau RAL 7047 Mit Laserbatch
3595900135	C14-Schraubenkappe-UAE (Schraubanschluss Verliersicherung der Anschlusschrauben)		1	1,26	1,260	Fa. Lati PA66 Latamid66 H2 G/25-V0HF1 Farbe: Grau RAL 7047 Mit Laserbatch

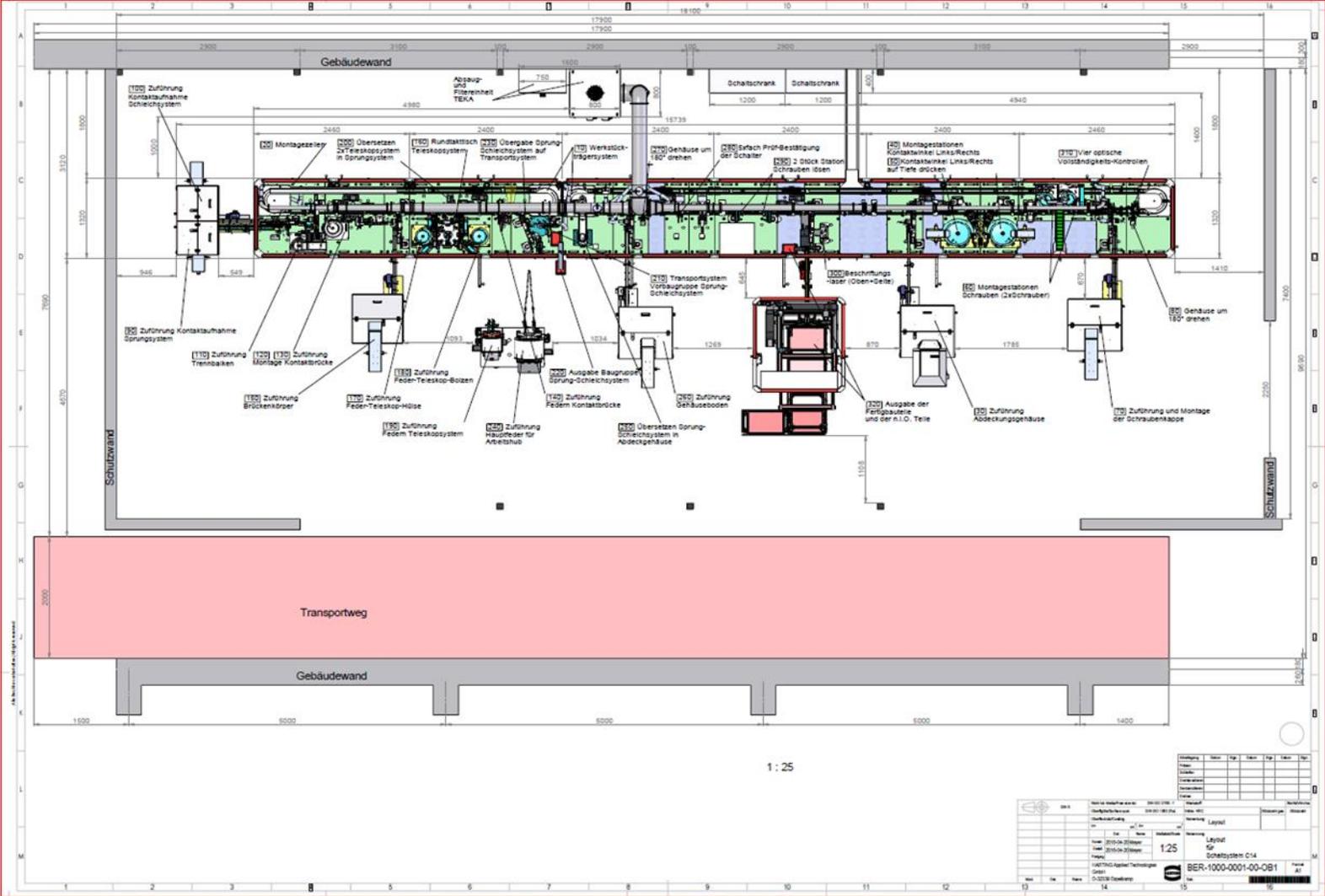
3595900138	C14-Schraubenka ppe-UV1 (Schraubans chluss Verliersicher ung der Anschlussc hrauben)		1	1,09	1,090	Fa. Lati PA66 Latamid66 H2 G/25-V0HF1 Farbe: Grau RAL 7047 Mit Laserbatch
3525900128	C14-Kon- Aufnahme- U1 (Schleichsyst em)		1	1,46	1,460	Fa. Lati PA66 Latamid66 H2 G/25-V0HF1 Farbe: Grau RAL 7047 Mit Laserbatch
3525900129	C14-Kon- Aufnahme- Sp. (Sprungsystem)		1	0,49	0,490	Fa. Lati PA66 Latamid66 H2 G/25-V0HF1 Farbe: Grau RAL 7047 Mit Laserbatch
3525900130	C14-Br- Körper (Sprungsystem)		1	1,14	1,140	EMS Grivory HT2V- 3XV0 natur (beige) PA6T/66 ISO: PA6T66 GF30FR

3595900131	C14-Trennbalken (Sprungsystem)		1	0,14	0,140	Ticona POM-Hostaform C9021 GV1 20 natur (weiß)
3595900132	C14-Feder-Teleskop-Hülse (Sprungsystem)		2	0,04	0,080	Celanese POM. Hostaform C9021M (antrazit)
3595900133	C14-Feder-Teleskop-Bolzen (Sprungsystem)		2	0,03	0,060	Celanese POM. Hostaform C9021M (antrazit)
3123800133	Kon-Wi-C14-01 AgNi Schraubanschluss (Kontaktwinkel Rechts-vorn und rechts hinten als Öffner und Links-Vorn und Links hinten als Schließer)		2	0,60	1,200	CuZn37F37 Kontakt: AgNi 10
3123800134	Kon-Wi-C14-02 AgNi Schraubanschluss (Kontaktwinkel Links-vorn Links-hinten als Öffner und Rechts-vorn und Rechts-hinten als Schließer)		2	0,60	1,200	CuZn37F37 Kontakt: AgNi 10

3129000139	Kon-Br.C14 AgNi (Kontaktbrücke als BG mit Stanzteil, Ag-Kontakten und mit Kunststoffteilummantelt  Gerade Ausführung gleitoptimierter Kunststoff		2	0,112	0,224	Metall: CuZn37F37 Kontakt: AgNi 10 Umspritzung Grilon TSG-30/4 V0 Fa. EMS
2600000533	Zyl.Schr.M3x6-5.8 KI (Kontakt-Schraube mit selbstabhebender Klemmplatte)		4	1,00	4,000	Schraubenstahl 4.8 verzinkt Dickschichtpassiviert
3651100417	Druckf.0,45x4,05x17,7 (Hauptfeder für Arbeitshub)		2	0,20	0,400	EN 10270-3 1.4310-NS X10CrNi18-8
3651100415	Druckf.0,43x3,23x9,00 (Sprungfeder für Teleskop)		2	0,09	0,180	EN 10270-3 1.4310-NS X10CrNi18-8
3651100416	Druckf.0,22x2,28x10,8 (Druckfeder-Kontaktbrücke)		2	0,03	0,060	EN 10270-3 1.4310-NS X10CrNi18-8

3935199001	C14-SU1Z		1		19,104	Gewichte
3935149002	C14-U1Z				18,654	Kunststoff (Sprung) 11,84g
3.935.349.00 3	C14-UV1Z				18,724	Kunststoff (Schleich) 11,39g
3.935.899.00 4	C14-SE2				19,104	Metall 7,264g
3.935.849.00 5	C14-E2				18,654	Metall 7,264g
3.935.899.00 6	C14-SA2Z				19,104	Metall 7,264g
3.935.849.00 7	C14-A2Z				18,654	Metall 7,264g

### 6.3: Aufstellplan Montageautomat C14



## 6.4: Datenblätter Schmiermittel

6.4.1 Fenslube

6.4.2 OSIXO OS 03 10 Costenoble

6.4.3 Erklärung für das PFPE-Öl im OSIXO OS 03 10