

## Vorhaben

### Entwicklung von Elcore 2400 Hausenergieanlagen (Entwicklungsstand Gamma)

### Abschlussbericht

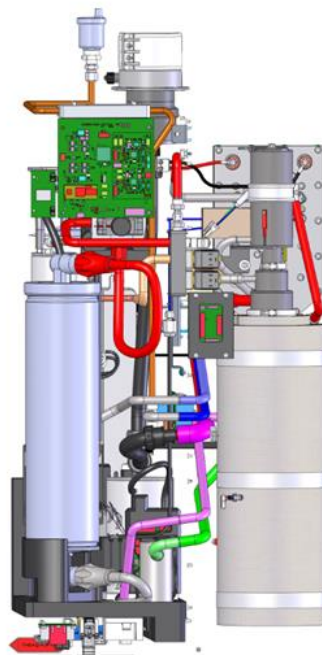
ZE: Elcore GmbH  
Bayerwaldstr. 3  
81737 München

Förderkennzeichen: 03BH106

Vorhabensbezeichnung: Elcore 2400 Hausenergieanlagen

Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2013 bis 31.07.2016

Berichtszeitraum: 01.09.2013 bis 31.07.2016



**Elcore 2400 (Entwicklungsstand Gamma)**

### **Zusammenfassung:**

Die Entwicklung der Elcore 2400 (Entwicklungsstand Gamma) ist sehr positiv verlaufen. Die herausragenden Erfolge des Vorhabens sind:

- **Es konnte ein Gesamtwirkungsgrad des Systems von 104% (bezogen auf den Heizwert) erreicht werden. Dieser Wert liegt etwa 20-25 Prozentpunkte höher als von allen anderen weltweit verfügbaren KWK-Geräten.**
- **Die durchschnittliche Zuverlässigkeit der Geräte konnte auf über 98% gesteigert werden (für die Erreichung der Wirtschaftlichkeitsziele wären 91% notwendig gewesen)**

Beide Punkte sind Ergebnis einer detaillierten Technologieentwicklung, wobei alle Komponenten und Prozesse auf höchste Effizienz getrimmt worden sind, und eines umfangreichen Testprogramms und eines intensiven kontinuierlichen Verbesserungsprozesses. Die Details dazu werden im Folgenden beschrieben.

### **Technische Ziele des Vorhabens:**

Im Rahmen dieses Vorhabens ist das Kraft-Wärme-Kopplungs-Gerät Elcore 2400 anhand eines umfangreichen Felstestprogramms erfolgreich zur Fertigungsreife entwickelt worden. Die Elcore 2400 basiert auf der HTPEM Brennstoffzellentechnologie, für die eine innovative Systemarchitektur entwickelt wurde. Da bisher nur eine sehr begrenzte Betriebserfahrung für die Geräte vorlagen, konnten vor diesem Vorhaben noch nicht alle Potenziale zur Vereinfachung und Verbesserung der Technologie ausgeschöpft werden. Mit diesem Vorhaben ist nun eine strukturierte Weiterentwicklung auf Basis von umfangreicher Felderfahrung umgesetzt worden, wobei neben der Entwicklung alle notwendigen Unternehmensprozesse vom der Lieferantenentwicklung, über den Einkauf, die Produktion und Qualitätssicherung bis hin zum Versand und zur Installation mit einbezogen worden sind, um alle relevanten Fehlermöglichkeiten mit in die Entwicklung einzuschließen.

## **Arbeitspakete:**

**AP 1: Vorbereitende Entwicklungsarbeiten**

**AP 2: Validierung von Komponenten und Gesamtsystemen**

**AP 3: Entwicklung der Schnittstelle zur MEA**

**AP 4: Entwicklung der Betriebsstrategie**

**AP 5: Vereinfachung Sensorik und Sicherheitstechnik**

**AP 6: Entwicklung eines eigensicheren Brennstoffzellenstacks**

**AP 7: Entwicklung einer toleranten Gasprozesstechnik**

**AP 8: Durchführung des Testprogramms**

**AP 9: Monitoring, Datenanalyse und kontinuierlicher Verbesserungsprozess**

**AP 10: Fehleranalyse- und –Bewertungsprozess**

**AP 11: Nachweis der Herstellungsprozesse**

## **1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse:**

### **Fortschritt im Allgemeinen:**

Das Vorhaben konnte erfolgreich abgeschlossen werden. Nachdem außer dem AP 9 - Monitoring, Datenanalyse und kontinuierlicher Verbesserungsprozess bereits in 2015 abgeschlossen werden konnten, konnte nun auch dieses Arbeitspaket auf Basis der umfangreichen Datenbasis erfolgreich abgeschlossen werden.

Dem Vorhaben kam zugute, dass die Geräte aus dem vorhergehenden Vorhaben weiterlaufen und sehr nützliche Ergebnisse produziert haben. Auch Ergebnisse aus dem europäischen e-ne.field Projekt wirken positiv auf dieses Vorhaben. Die Einflüsse aus den Vorgängervorhaben sind bei der Projektplanung nicht erwartet worden, haben jedoch erheblich zum Erfolg beigetragen.

## **AP 1: Vorbereitende Entwicklungsarbeiten**

**CE-Zertifizierung:** Hier kam dem Projekt zugute, dass im Rahmen der entwicklungsbegleitenden Zusammenarbeit mit dem TÜV Süd Schritt für Schritt wesentliche Komponenten aus dem Entwicklungsprogramm in die bereits bestehende Zertifizierung durch Dokumentationsänderungen übernommen werden könnten, so dass die finale Zertifizierung des Gamma-Standes erst nach weitgehendem Abschluss aller entwicklungsseitigen Arbeitspakete erfolgen konnte, was für den gesamten Ablauf des Vorhabens den positiven Effekt hatte, dass bis zur Zertifizierung praktisch alle neuen Systemkomponenten bereit im Feld getestet werden konnten.

**Auswahl und Vorbereitung der Standorte:** Dieses Teilarbeitspaket ist abgeschlossen, Die Auswahl und Vorbereitung von Standorten läuft bereits routinemäßig ab

**Vorbereitende Arbeiten mit Installationspartnern und Schulungen:** Dieses Teilarbeitspaket ist abgeschlossen. Mit Installationspartner wird bereits routinemäßig gearbeitet und Schulungen regelmäßig durchgeführt.

**Vorbereitung der formalen Genehmigungen:** Für die Installation der Geräte können die Genehmigungen von den verschiedenen Stellen nun meist problemlos eingeholt werden. Von einem automatisierten oder routinemäßigen Prozess kann aber bei weitem nicht die Rede sein. Dazu sind die Formulare und Anforderungen zu unterschiedlich. Hier muss noch weiter gearbeitet werden. Sicher wird auch der zunehmende Bekanntheitsgrad dazu beitragen, dass sich die Antragsprozesse vereinfachen werden.

## **AP 2: Validierung von Komponenten und Gesamtsystemen**

Im Rahmen der umfangreichen Komponentvalidierung wurden eine Vielzahl von Lieferanten aufgrund fehlender Eignung für die Erfüllung der Funktion oder der geplanten Stückzahlen gewechselt.

Die wichtigste Änderung war der Wechsel des Lieferanten des Wechselrichters, die aufgrund der regelmäßigen Probleme mit der Reaktion des Wechselrichters auf Netzschwankungen notwendig geworden ist. Mittlerweile gibt es zwei Wechselrichterlieferanten mit deutlich verbesserten Produkten.

Ein weiteres Beispiel für einen Lieferantenwechsel war, dass sich bei den Validierungstests für Temperatursensoren bei einem namhaften Lieferanten Fehlfunktionen innerhalb des spezifizierten Bereichs ergeben haben und die Temperatursensoren nun von einem alternativen Lieferanten bezogen werden müssen.

### **AP 3: Entwicklung der Schnittstelle zur MEA**

Die Ergebnisse basieren auf umfangreichen Auswertungen der Degradationsraten im Betrieb und bei Start-Stopp Zyklen in Labor- und Feldtestgeräten. Hieraus wurden insbesondere weitgehend neu An- und Abfahrprozeduren entwickelt, die gleichzeitig deutlich weniger Zeit benötigen und bei den MEAs nachweislich zu geringeren Zyklenverlusten führt. Eine wesentliche Verringerung der Zyklenverluste hat auch das Spülen des Stacks mit Inertgas gebracht, der sofort zu einer Inertisierung führt und daher elektrochemische Korrosion stark vermindert bzw. ausschaltet.

Eine weitere wesentliche Verbesserung hat die Entfernung des Wassers und des Ammoniaks nach der Shiftstufe mit sich gebracht. Diese. Die Entfernung von Wasser und Ammoniak aus dem Brenngas führt entsprechend der Langzeittests zu erhöhter Lebensdauer der MEA. Ammoniak würde über die Zeit zu einer Reduktion bzw. Deaktivierung des phosphorsauren Elektrolyten führen. Es ist aber auch klar nachweisbar, dass eine geringere Wassermenge zu weniger Verlust von Phosphorsäure aus Elektroden und Membran führt. Der Verlust von Phosphorsäure ist aber in der HTPEM einer der wesentlichen Degradationsmechanismen, der mit dieser Maßnahme deutlich verringert werden kann.

Weiterhin wurde ein neues MEA Design eingeführt und auf Basis von FEM-Analysen (Finite Elemente) wurde die Auslegung von Bipolarplatten und Dichtflächen der MEA durchgeführt und somit eine verbesserte Kraft- und Temperaturverteilung in jeder einzelnen Zelle erreicht.

### **AP 4: Entwicklung der Betriebsstrategie**

Im Detail konnte die Problematik der Reaktion der Geräte auf Netzschwankungen (die im Übrigen nun auch von anderen Herstellern gemeldet wird) neben einem verbesserten Wechselrichter durch eine interne elektrische Zusatzheizung für den Heizungswasserkreis gelöst werden. Diese wird eingeschaltet, wenn sich der Wechselrichter vom Netz trennt und kann so das System auf stabiler Leistung halten, wobei die gesamte elektrische Energie für kurze Zeit zu einer weiteren Erwärmung des Heizungswassers führt. Dieses Bauteil ist gleichzeitig sehr kostengünstig und effektiv.

Weiterhin wurden alle Effekte von Druckschwankungen, die z.B. durch die zyklisch pulsierenden Strömungen nach Pumpen und Kompressoren hervorgerufen wurden, auf Sensoren und chemische Prozesse untersucht und z.B. durch die Vergleichmäßigung der Strömungen, Auswahl anderer Sensoren bzw. durch die Einführung der Kondensation nach der Shiftstufe gelöst.

Ein wesentlicher Aspekt für dieses Arbeitspaket war die Vereinfachung der Sicherheitstechnik. Auf diesem Gebiet sind durch die Auswertung von Systemdaten deutliche Vereinfachungen erfolgt, die zu einer deutlich stabileren Systemregelung führen. Beispielsweise konnte durch den Nachweis, dass Gas- und Luftmengen gleichmäßig auf Veränderungen des Luftdrucks, der

Aufstellungshöhe und der Veränderung der Heizungsrücklauftemperatur reagieren, die sicherheitstechnisch geforderte Mindestluftmenge (zur Vermeidung von CO- Ausstoß aus dem Brenner) um etwa 15% reduziert werden. **Diese Reduzierung war einer der wesentlichen Faktoren, die zu einer Erhöhung des Gesamtwirkungsgrades des Systems auf 104% (bezogen auf den Heizwert, was die Standardberechnungsmethode ist). Dieser Wert liegt etwa 20-25 Prozentpunkte höher als von allen anderen KWK-Geräten.**

#### **AP 5: Vereinfachung Sensorik und Sicherheitstechnik**

Der wesentliche Inhalt dieses Arbeitspaktes war es, die teuren und dennoch fehleranfälligen Sicherheitssensoren durch einen sogenannten „Feuerungsautomaten“ zu ersetzen. Der Feuerungsautomat ist ein Steuerungsplatine, die z.B. redundant ausgeführte Prozessoren hat und auf der eine sicherheitsgerichtete Firmware läuft, die nach bestimmten Standards programmiert und getestet werden muss.

Darüber hinaus ist es gelungen insbesondere die Sensorik in der Gasprozesstechnik um etwa 75% zu reduzieren, wobei in der gesamten Reformer/Brenner- Kombination nur noch ein einziger Temperatursensor verblieben ist. Es besteht noch weiteres Verbesserungspotenzial, dass aber erst auf Basis noch umfangreicherer Systemdaten sinnvoll ausgeschöpft werden kann. Im Rahmen dieser Aktivität sind der Großteil der Sensoren auf langzeitstabile Sensorik umgestellt worden (was auch zu nicht erwarteten Lieferantenwechseln geführt hat – siehe AP2)

Die sicherheitsgerichteten Drucksensoren konnten komplett eliminiert werden und durch einfache redundant ausgeführte Differenzdruckblenden in den beiden Gasströmen zur Volumstrommessung ersetzt werden.

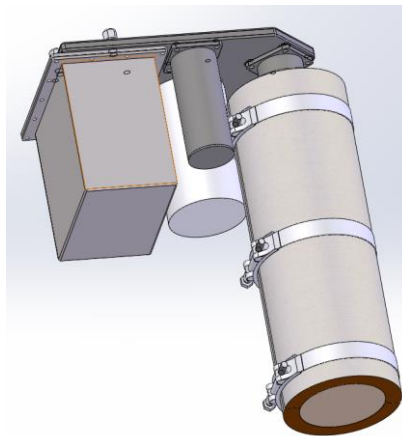
#### **AP 6: Entwicklung eines eigensicheren Brennstoffzellenstacks**

Gemäß der Gasgeräterichtlinie muss bei gasführenden Bauteilen mit flexiblen Dichtungen, wie sie in einem Brennstoffzellenstack Verwendung finden, davon ausgegangen werden, dass sich über die Zeit eine Leckage ausbildet. Diese Tatsache zwingt dann dazu, sicherheitstechnische Einrichtungen wie Belüftungen oder eine geeignete Sensorik in das Gerät einzubauen, damit keine gefährlichen Gaskonzentrationen entstehen können. Diese Maßnahmen sind teuer und aufwändig.

Der eigensichere Stack ist dadurch erreicht worden, dass nun der gesamte Stack mit einer einfachen vollständig geschlossenen Blechhülle umgeben wird und die Prozessluft aus dieser Hülle angesaugt wird. Falls sich nun über die Zeit eine Leckage entwickeln sollte, aus der Brenngas entweicht, würde dieses mit der Prozessluft vermischt auf die Kathodenseite des Stacks geführt und dort katalytisch verbrannt. Bei kleinen Leckagen ist dies völlig ohne Einfluss auf die Stackspannung; bei größeren Leckagen würde die Stackspannung herabgesetzt werden, die unter

einem bestimmten Wert sicherheitstechnisch ohnehin abschaltet. Auf diese Weise kann über die gesamte Lebenszeit sicher ausgeschlossen werden, dass eventuelle Stackleckagen zu einer gefährlichen Situation führen. Gleichzeitig musste der Stack mit einem Flansch ausgestattet werden, der die Durchführung aller Medienströme erlaubt.

In der folgenden Abbildung ist der Stack mit Stackgehäuse und die Anbindung an den Medienflansch dargestellt.



#### **AP 7: Entwicklung einer toleranten Gasprozesstechnik**

Dieses Arbeitspaket wurde mit AP5 zusammengefasst und bearbeitet – siehe AP5.

#### **AP 8: Durchführung des Testprogramms**

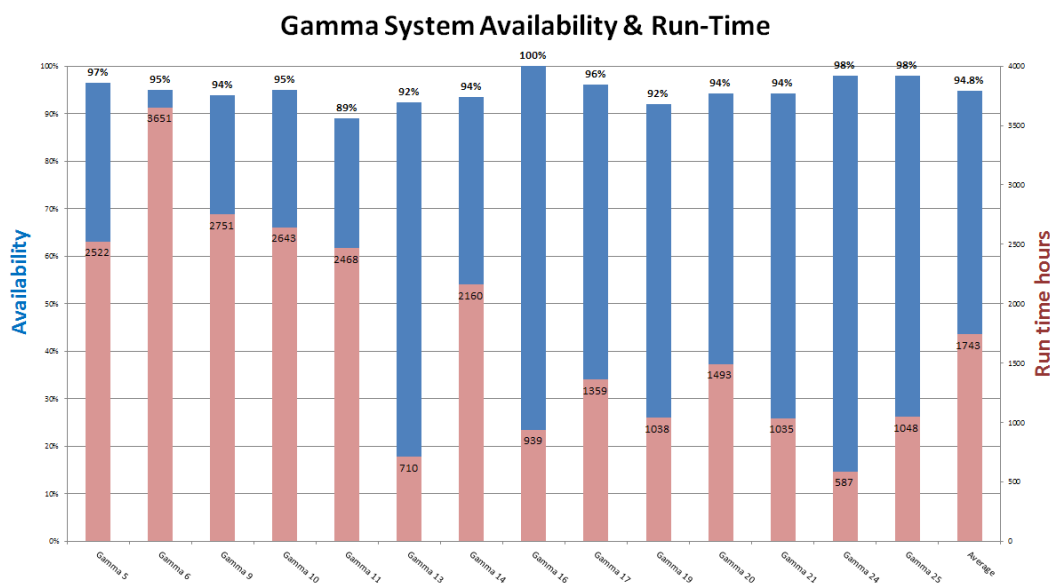
Alle Tests konnten abgeschlossen werden. Auch die Langzeittests konnten in diesem Arbeitspaket erledigt werden. Der Dauerbetrieb (Test 1) wurde in das Arbeitspaket 9 verlagert, in dem Monitoring, Datenanalyse und kontinuierlicher Verbesserungsprozess stattfinden. Die Zyklentests (Test 2) konnten vorzeitig abgeschlossen werden, weil anhand der bis Ende 2014 durchgeführten Zyklentests bereits nachgewiesen werden konnte, dass das System eine ausreichende Stabilität gegenüber dem Zyklusbetrieb besitzt.

Weiterhin konnten umfangreiche Erfahrungen mit verschiedenen Einbausituationen gesammelt werden und Elcore ist in der Lage diese Erkenntnisse in Schulungen und Betriebs- und Installationsanleitungen darzustellen und potenzielle Fehler auszuschließen. Hierbei auf die Einflüsse unterschiedlicher Gasthermen, Kaminzüge, Wasserspeicher und Heizungsanlagen untersucht worden und es wurde bereits ein sehr gutes Verständnis entwickelt, dass mit großer Sicherheit einen Großteil der Einbausituationen umfasst.

### AP 9: Monitoring, Datenanalyse und kontinuierlicher Verbesserungsprozess

Dieses Arbeitspaket ist zum 30.06.2016 erfolgreich abgeschlossen worden. Das Monitoring und die Datenanalyse haben sich bewährt. Der kontinuierliche Verbesserungsprozess ist eingespielt und hat sich insofern positiv entwickelt, dass alle wesentlichen „Kinderkrankheiten“ der Geräte behoben werden konnten.

In der folgenden Grafik ist ein Auszug über die Systemperformance im Feld gezeigt. Über die gesamte Laufzeit des Vorhabens hat sich eine Verfügbarkeit der Geräte von > 93% ergeben. Bezieht man vor allem die neueren Geräte ein, die auf Basis des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses verändert worden sind, liegt die durchschnittliche Verfügbarkeit aktuell bei etwa 98%. Für die Kalkulation der Wirtschaftlichkeit für den Endkunden ist von einer Verfügbarkeit von 91% ausgegangen worden. Mit den in diesem Vorhaben entwickelten Geräten, konnte diese Annahme bereits deutlich überschritten werden. Dies stellt neben dem hohen Wirkungsgrad einen der wesentlichen Erfolge dieses Vorhabens dar.



### AP 10: Fehleranalyse- und –Bewertungsprozess

Der Fehleranalyse- und Bewertungsprozess wurde erfolgreich aufgebaut und die wesentlichen Fehler sind abgearbeitet, wobei sowohl Komponenten aber auch Herstellungsprozess verändert worden sind. Die Langzeiteffekte lassen sich anhand der eingeführten Prozesse sicher erkennen. Alles Weitere wird im Rahmen des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses durchgeführt.



### **AP 11: Nachweis der Herstellungsprozesse**

W Dieses Arbeitspaket wurde in Kombination mit dem AP 10 bearbeitet und ist abgeschlossen. Es konnte bereits gezeigt werden, dass sowohl die Nachverfolgbarkeit sehr gut funktioniert und auch der Prozess der Einbeziehung von Fertigungsaspekten in die Fehleranalyse gelebt wird. Das führt dazu, dass Fertigungsabläufe ständig verfeinert werden und mittlerweile in Form von einfachen KPI (Key Performance Indicators) im täglichen Produktionsablauf präsent sind. Der Nachweis der Supply Chain als auch der Wareneingangsprüfung in Bezug auf die Stückzahl konnte erbracht werden. Für das Änderungsmanagement gibt es einen Prozess der gut funktioniert und die Abstimmung mit allen Bereichen im Unternehmen einbezieht. Das Qualitätsmanagement und die Nachverfolgbarkeit aller Komponenten wurden eingeführt. Die Fertigung mit extremen Toleranzen wurde durchgeführt und es konnte der Nachweis erbracht werden, dass im Rahmen des vorgegebenen Toleranzen auch bei Kombinationen von extremen Toleranzabweichungen keine Probleme bei der Fertigung oder im anschließenden Betrieb entstehen.

## **2. Vergleich aktueller Status mit der ursprünglichen Planung**

Alle Arbeitspakete sind im Arbeits-, Zeit- und Kostenplan geblieben. Das Vorhaben konnte im Zeitplan abgeschlossen werden.

## **3. Aussichten auf Erreichung der Ziele des Vorhabens:**

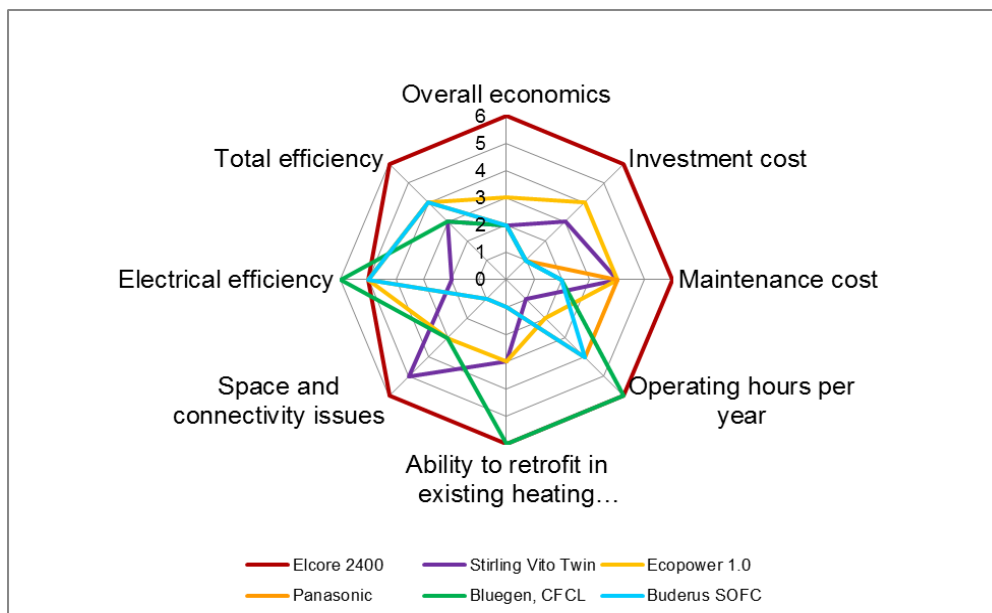
Die Ziele des Vorhabens sind erfolgreich erreicht worden.

## **4. Änderungen in der Zielsetzung**

Aus Sicht von Elcore waren keine Änderungen in der Zielsetzung erforderlich.

## **5. Verwertung**

- *Erfindungen:* Im Berichtszeitraum wurden innerhalb des Vorhabens noch keine Patent- oder Schutzrechtsanmeldungen getätigt.
- *Wirtschaftliche Erfolgsaussichten:* Im Anschluss an das Vorhaben sollen die Ergebnisse des Vorhabens in Serienprodukte überführt werden. Auch hier sind keine Änderungen gegenüber dem Plan absehbar. In dem unten gezeigten Spinnennetzdiagramm ist dargestellt, wie die Elcore 2400 gegenüber anderen mikro-KWK Geräten im Bereich der wichtigsten Beurteilungsfaktoren für den Endkunden darstellt.



Im Vergleich zu allen Geräten zeichnet sich auf Basis der verfügbaren Daten die Elcore 2400 besonders durch eine hohe Wirtschaftlichkeit aus, aber auch in allen anderen Punkten wie Investitionskosten, Wartungskosten, Betriebsstunden pro Jahr, Nachrüstbarkeit, Größe und Anschluss des Gerätes und Gesamteffizienz ist die Elcore 2400 den meisten anderen Anlagen deutlich überlegen. Die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten werden daher sehr positiv eingeschätzt.

- *Wissenschaftliche Erfolgsaussichten:* Die im Vorhaben erarbeiteten Ziele werden als Basis für weitere produktspezifische Entwicklungen dienen.
- *Anschlussfähigkeit für eine nächste Phase:* Die Ziele dieses Vorhabens ermöglichen es, kostengünstige KWK-Anlagen auf HTPEM-Basis für den Einfamilienhausmarkt zur Produktreife zu realisieren. Auf Basis der Erkenntnisse aus diesem Vorhaben, können auch umfangreichere Systeminstallationen erfolgen, die über verschiedenen Marktmechanismen ins Feld gebracht werden können. Darüber hinaus wäre es wichtig, ein Entwicklungsprojekt zur Einführung von serientauglichen Fertigungsverfahren anzuschließen. Solche Aspekte konnten aufgrund der bisher niedrigen Stückzahlen noch nicht berücksichtigt werden.

## Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN <hr/>	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel  Abschlussbericht: Elcore 2400 Hausenergieanlagen	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)]  Stefener, Dr. Manfred	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.07.2016
	6. Veröffentlichungsdatum <hr/>
	7. Form der Publikation <hr/>
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse)  Elcore GmbH Bayerwaldstr. 3 81737 München	9. Ber. Nr. Durchführende Institution <hr/>
	10. Förderkennzeichen 03BH106
	11. Seitenzahl 11
12. Fördernde Institution (Name, Adresse)  NOW GmbH    PTJ Fasanenstr. 5    Zimmerstr. 26-27 10623 Berlin    10969 Berlin	13. Literaturangaben <hr/>
	14. Tabellen <hr/>
	15. Abbildungen 4
16. Zusätzliche Angaben <hr/>	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) <hr/>	
18. Kurzfassung  Im Rahmen dieses Vorhabens ist das Kraft-Wärme-Kopplungs-Gerät Elcore 2400 anhand eines umfangreichen Felstestprogramms erfolgreich entwickelt worden. Die Elcore 2400 basiert auf der HTPEM Brennstoffzellentechnologie, für die eine innovative Systemarchitektur entwickelt wurde. Die herausragenden Erfolge des Vorhabens sind:  <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Es konnte ein Gesamtwirkungsgrad des Systems von 104% (bezogen auf den Heizwert) erreicht werden. Dieser Wert liegt etwa 20-25 Prozentpunkte höher als von allen anderen weltweit verfügbaren KWK-Geräten.</b></li> <li>- <b>Die durchschnittliche Zuverlässigkeit der Geräte konnte auf über 98% gesteigert werden (für die Erreichung der Wirtschaftlichkeitsziele wären 91% notwendig gewesen)</b></li> </ul> Beide Punkte sind Ergebnis einer detaillierten Technologieentwicklung, wobei alle Komponenten und Prozesse auf höchste Effizienz getrimmt worden sind, und eines umfangreichen Testprogramms und eines intensiven kontinuierlichen Verbesserungsprozesses.	
19. Schlagwörter HTPEM, Elcore 2400, Brennstoffzelle, HTPEM System, Effizienz, Wirkungsgrad, Kraft-Wärme-Kopplung	
20. Verlag <hr/>	21. Preis <hr/>

## Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN <hr/>	2. type of document (e.g. report, publication) Final Report
3. title  Final report: Elcore 2400 residential CHP systems	
4. author(s) (family name, first name(s))  Stefener, Dr. Manfred	5. end of project 31.07.2016
	6. publication date <hr/>
	7. form of publication <hr/>
8. performing organization(s) (name, address)  Elcore GmbH Bayerwaldstr. 3 81737 München	9. originator's report no. <hr/>
	10. reference no. 03BH106
	11. no. of pages 11
12. sponsoring agency (name, address)  NOW GmbH    PTJ Fasanenstr. 5    Zimmerstr. 26-27 10623 Berlin    10969 Berlin	13. no. of references <hr/>
	14. no. of tables <hr/>
	15. no. of figures 4
16. supplementary notes <hr/>	
17. presented at (title, place, date) <hr/>	
18. abstract  In this project the residential CHP unit Elcore 2400 was developed on the basis of an extensive field test program. The CHP units Elcore 2400 is based on proprietary HTPEM fuel cell technology and in the framework of the project a new innovative system architecture has been developed. The major successes of the projects are:  <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>A total efficiency of the CHP unit of 104% (based on the lower heating value) could have been achieved. This efficiency is 20-25 percent points higher than all other CHP systems including fuel cells worldwide.</b></li> <li>- <b>The average availability of the Elcore 2400 CHP units could be increased to &gt;98% (to achieve favorable customer economics the availability number needs to be at only 91%)</b></li> </ul> Both points are the outcome of detailed technology development, which led to highly efficient components and processes in the CHP unit and an extensive test program, that has been used as a basis for an continuous improvement process.	
19. keywords HTPEM, Elcore 2400, fuel cell, HTPEM system, efficiency, combined heat and power,	
20. publisher <hr/>	21. price <hr/>