

**bwp@** Spezial 8 | Februar 2015

**BAG ElektroMetall – 24. Fachtagung:  
Arbeitsprozesse, Lernwege und berufliche Neuordnung**

Hrsg. v. **Ulrich Schwenger, Reinhard Geffert, Thomas Vollmer &  
Uli Neustock**

**Reinhard GEFFERT**

(Leo-Symphor-Berufskolleg Minden)

**SmartGrid-Control: Reales Industrie-4.0-Lernsystem mit  
ET- und IT-Kopplung**

Online unter:

[www.bwpat.de/spezial8/geffert\\_bag-elektro-metall-2015.pdf](http://www.bwpat.de/spezial8/geffert_bag-elektro-metall-2015.pdf)

www.bwpat.de | ISSN 1618-8543 | **bwp@** 2001–2015

**bwp@**

[www.bwpat.de](http://www.bwpat.de)

Herausgeber von **bwp@** : Karin Büchter, Martin Fischer, Franz Gramlinger, H.-Hugo Kremer und Tade Tramm

**Berufs- und Wirtschaftspädagogik - online**

## **SmartGrid-Control: Reales Industrie-4.0-Lernsystem mit ET- und IT-Kopplung**

---

### **Abstract**

Industrie 4.0 heißt die technologische Zukunft, auf die verantwortungsbewusste berufliche Bildung bereits heute vorzubereiten hat. Dahinter verbirgt sich die mit der Automatisierungstechnologie zusammenwachsende Informationstechnologie, die mittlerweile mit steigendem Software-Anteil eine elementare Rolle in der Maschinensteuerung und den übergeordneten Leitsystemen spielt.

Smart Grid – die Koppelstelle zwischen Erzeugung und Verbrauch elektrischer Energie mit dem Anspruch der Nachhaltigkeit, stellt ein solches Zukunftsfeld dar. Um die Stabilität der Netze bei wachsendem Anteil regenerativer und damit fluktuierender Energien sicherzustellen, müssen künftig Stromerzeuger, Netzbetreiber und Verbraucher viel enger miteinander kommunikativ vernetzt werden als bisher. Und die Vernetzungsstrategie muss in der beruflichen Bildung vermittelt werden.

Dazu entwickeln Technische Assistenten Elektrotechnik am Leo-Symphor-Berufskolleg Minden aktuell das Industrie-4.0-Lernszenario „SmartGrid-Control“. Es umfasst einerseits zentral die IT-gesteuerte Vernetzung [Energy Intelligence System EIS, Fa. ADIRO] vom simulierten Gas-Kraftwerk sowie modellhaften interaktiven Wind- und Sonne-Energieerzeugungsformen mit energieeffizient leistungsgesteuerten Verbrauchern (Pulsweiten-Modulation) und andererseits eine funkgekoppelte SPS-Steuerung für ein 3-Liter-Pumpspeicherwerk-Modell, die autonom agierend aus den IT-Daten flexibel und intelligent optimale Speicherwerk- und Netz-Bedingungen errechnet und realisiert.

Neben diesem technischen Lernszenario stellt SmartGrid-Control gleichzeitig ein umweltpolitisches Lernszenario dar, in dem das nachhaltige Zusammenwirken künftiger SmartGrid-Energienetze „anschaulich und begreifbar“ in einem interaktiven, d.h. vom Nutzer beeinflussbaren Prozess nicht nur für angehende Elektrofachkräfte erfahrbar wird.

Die Anlage wurde im März 2014 mit dem Nachhaltigkeitspreis der Umweltstiftung der ost-westfälischen Wirtschaft ausgezeichnet und steht allen Auszubildenden im LSBK als nachhaltiges Lehr- und Lernobjekt zur Verfügung. Darüber hinaus wird SmartGrid-Control u.a. eingesetzt bei der Kooperation mit der Mindener BNE-Bildungskampagne „Klima für Energiewandel - eine Herausforderung“ [Weltdekade der Vereinten Nationen 2005 – 2014 „Bildung für nachhaltige Entwicklung“].

### **1 Regenerative Energieversorgung braucht intelligente Steuerung**

„Die Energie der Zukunft ist nicht nur grün, sie ist auch intelligent“, sagt Dr. Jochen Köckler, Vorstandsmitglied der Deutschen Messe AG zum Start der Hannover Industriemesse 2014.

„In Zukunft werden intelligente Stromnetze und Endgeräte miteinander kommunizieren und so ein gewaltiges Energiesparpotenzial zu Tage fördern.“

Und Dr. Kurt Rohrig, stellv. Institutsleiter am Fraunhofer IWES, bilanziert: „Wenn in Zukunft erneuerbare Energien in Kombikraftwerken verknüpft und gesteuert werden, können sie zusammen mit Speichern jederzeit den Bedarf decken und für ein stabiles Netz sorgen“. (vgl. Hannover Messe 2014)

Wie also kann in der beruflichen Bildung nach Dampfmaschine, Fließband sowie SPS- & Bus-Technologie die Industrie 4.0, also die ET- und IT-Kopplung als Bestandteil der vierten industriellen Revolution, verortet werden?

Und wie kann die Notwendigkeit zum Einsatz intelligenter, sich selbst organisierender Kombikraftwerken mit Internet-Kopplung, kurz SmartGrid, in den Köpfen der Auszubildenden verankert werden?

### **1.1 Abstraktes Umweltbewusstsein vs. persönlicher Verhaltensänderung**

Natürlich war es jahrzehntelang gelebte Praxis, den preiswerten Strom aus der Steckdose ohne Nachdenken zu benutzen. Doch mit dem Aufbau regenerativer statt nuklearer Energieerzeugung ist zuerst einmal der auch wegen der EEG-Umlage (Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien, Kurztitel Erneuerbare-Energien-Gesetz EEG) gestiegene Strompreis beim Verbraucher angekommen. Doch statt den Verbrauchern Hilfestellung und Mut zum aktiven kostensenkenden Energiesparen zu vermitteln, fordern Verbraucherschützer trotz des hohen Wirkungsgrads lieber die Abkehr von Offshore-Windanlagen. Damit zeigen sie deutlich, dass die Akzeptanz der Energiewende noch längst keine Selbstverständlichkeit geworden ist, obwohl die Atomkraftwerke weiterhin jedes Jahr etwa 12 000 Tonnen hochradioaktiven Müll erzeugen, für die es bisher kein Endlager gibt. (vgl. Odenwald 2014)

Generell haben wir alle ein hohes Maß an Umweltbewusstsein. Im Einzelnen mangelt es aber offensichtlich an der Bereitschaft zur persönlichen Verhaltensänderung, die einen wichtigen Beitrag liefern würde, auch wenn jeder nur ein kleines Teil eines zusammengefasst riesigen ökologischen Gesamtsystems ist.

### **1.2 Wie sag ich's meinem Kinde?**

„Es muss ein mentaler Wandel in den Köpfen der Menschen etabliert werden, damit sie mehrheitlich bereit sind, Tag für Tag ihren persönlichen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Und genau diese womöglich nur sehr kleinen persönlichen Verhaltensänderungen sind dringend notwendig, damit der längst nicht mehr aufzuhaltende Klimawandel auf erträgliche Werte begrenzt wird.“ Dieses Statement von Prof. Dr. Gerhard de Haan, Vorsitzender des Nationalkomitees der UN-Dekade Deutschland, anlässlich der Fachtagung „Prima Klima?! – Ideen und Konzepte für nordrhein-westfälische Schulen zum Klimawandel“ im Gustav-Stresemann-Institut Bonn am 7.11.2007, ist seit nunmehr 6 Jahren Richtschnur für das Handeln am LSBK im Rahmen der „Schule der Zukunft in NRW“-Aktivitäten.

Doch wie sag ich's meinem Kinde respektive Azubi - und zwar so, dass auch die jetzige Generation der Auszubildenden sich nachhaltig daran beteiligt, die eigene Zukunft umweltträglich zu gestalten?

Diese rhetorische Frage macht deutlich, dass ein erhobener Zeigefinger oder die Informationsflut im Netz allein noch keine Lösung produzieren. Gefragt sind pädagogische Lösungen, die visuell und haptisch unterstützt im beruflichen (Ausbildungs-)Alltag integriert werden können getreu dem Motto: „Zukunftsvisionen schon heute real erlebbar machen“.

Smart Grid – die Koppelstelle zwischen Erzeugung und Verbrauch elektrischer Energie mit dem Anspruch der Nachhaltigkeit, stellt ein solches Zukunftsfeld dar. Um die Stabilität der Netze bei wachsendem Anteil regenerativer und damit fluktuierender Energien sicherzustellen, müssen künftig Stromerzeuger, Netzbetreiber und Verbraucher viel enger miteinander kommunikativ vernetzt werden als bisher. Zur Vermittlung von Überblickswissen und mehr dient jetzt das von den Technischen Assistenten Elektrotechnik am Leo-Symphor-Berufskolleg Minden realisierte Industrie 4.0-Lernszenario „SmartGrid-Control“.

### **1.3 Energie aktiv und pfiffig „be“nutzen**

Basis der mehrjährigen stufenweisen Systementwicklung, an der sich nacheinander mehrere Klassen der Technischen Assistenten Elektrotechnik beteiligten, war ein Brainstorming zur Frage der zu verändernden Energienutzung. Als der Strom noch unbeachtet aus der Steckdose kam, war die Nachtaktive Nutzung erwünscht, weil tagsüber deutlich mehr Energie verbraucht wurde als in der Nacht. Da jetzt der Anteil der erneuerbaren Energien steigt, ist ein Paradigmenwechsel zur Tagaktiven Nutzung notwendig; denn Photovoltaik-Anlagen produzieren ihren Strom natürlich am Tag. Auch Windenergie ist generell wetterabhängig. Hier hilft nur intelligente Nutzung nach dem Motto: wenn der Wind weht oder die Sonne scheint – Energienutzung EIN. Dieses aktive Mitdenken und -handeln zum optimierten Einsatz regional erzeugter und verbrauchter Energie wird noch lange Zeit notwendig sein; denn die ausreichende Zwischenspeicherung überschüssiger regenerativer Energie z. B. durch Pumpspeicherwerke (siehe Bild) wird noch lange auf sich warten lassen.



Abbildung 1: Pumpspeicherwerk

Deshalb ist nachhaltiges Handeln verantwortungsbewusster Menschen beim Energiesparen dringend erwünscht:

- Systemabschaltung statt Standby,
- Energienutzung für Wasch- bzw. Kühl- und Heizgeräte möglichst nur bei Sonne oder Wind,
- nachhaltiger Umgang mit Lichtenergie durch bewusstes Abschalten bzw. tageslichtabhängiges Dimmen.

Oder anders formuliert: Aus Energie passiv nutzen wird Energie intelligent bzw. pfiffig „be“nutzen = SMART ENERGY.

Und so stand's am 08.06.2012 bei Spiegel-Online im Netz:

*Die Energiewende könnte viel effizienter sein: Laut einer Studie, die SPIEGEL ONLINE vorliegt, würde der Strombedarf zu bestimmten Tageszeiten deutlich sinken - wenn man Netze, Fabriken und Haushaltsgeräte mit moderner Kommunikationstechnologie aufrüstet...*

*Denn auch die Stromversorgung schwankt immer stärker, je mehr Solar- und Windanlagen ans Netz gehen. Anders als zum Beispiel Kohlekraftwerke liefern diese nur dann Strom, wenn die Sonne scheint und der Wind weht. Das Stromnetz der Zukunft soll diese Schwankungen mittels moderner Kommunikationstechnologie ausgleichen: Ein Kühlhaus etwa soll mit voller Kraft arbeiten, wenn das Stromangebot besonders hoch ist. Sinkt das Angebot, kann es sich eine Weile abschalten und Energie sparen, so lange, bis sich die Temperatur einem zulässigen Höchstwert nähert...*

*Die Studie schlüsselt [solche Lastverschiebung genannten] Potentiale für die verschiedenen Bereiche detailliert auf. Und sie kommt zu einem ernüchternden Ergebnis: Nur die Industrie nutze Lastverschiebungen derzeit, und das auch nur teilweise. Bei den Privathaushalten*

*spielt ihr Einsatz fast gar keine Rolle.* (vgl. <http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/smart-grid-kann-nachfrage-nach-strom-energie-drastisch-senken-a-837517.html>)

#### **1.4 Smarte Haushaltsgeräte und abschaltbare Lasten in Firmen**

Unter dem Slogan „SmartStart“ wirbt die Gütersloher Firma Miele & Cie. KG für Haushaltsgeräte, die eine Kopplung von Energieangebot und Energieverbrauch zulassen:

„Im Rahmen des intelligenten Stromnetzes, dem Smart Grid, werden Strompreise angeboten, die im Tagesverlauf variieren. Smart Grid-fähige Hausgeräte können automatisch zu einer Zeit gestartet werden, wenn der Strom zu günstigen Preisen im Netz verfügbar ist. Diese SmartStart-Funktion von Miele ermöglicht mit Hilfe eines digitalen Stromzählers (Smart Meter) Ihres Energieversorgers die einfache Umsetzung solcher Tarifoptionen. Smart Grid-fähige Miele Hausgeräte erkennen Sie an dem SG-Ready-Zeichen.“ (Miele 2013)

Zudem hat die Bundesregierung 2012 eine „Verordnung zu abschaltbaren Lasten“ auf den Weg gebracht. Sie bezieht sich auf solche Unternehmen, die rund um die Uhr Strom in erheblichen Mengen verbrauchen und gleichzeitig in der Lage sind, ohne nachteilige Eingriffe in ihren Produktionsprozess kurzfristig ihre Verbrauchsleistung zu reduzieren oder nahezu komplett einzustellen. Diese Lastmanagement-Möglichkeiten, den Stromverbrauch zu verringern (d. h. Lasten abzuschalten), sollen zukünftig die Übertragungsnetzbetreiber nutzen können, um so die Stromnetze bei z. B. wetterbedingten Energie-Unterangeboten zu stabilisieren. (vgl. Vogel Business Media 2013)

## **2 „SmartGrid“-Control: Energiemix mit Pumpspeicherwerk**

### **2.1 Automatisierungstechnik zur Umsetzungs-Optimierung**

Beruflichkeit ist funktional betrachtet ein Produkt der gesellschaftlichen Arbeitsteilung: Die übergroße Vielfalt möglicher Arbeitsanforderungen und Qualifikationsprofile in ausdifferenzierten Gesellschaften wird auf eine Anzahl standardisierter Berufsbilder reduziert. Das erleichtert Arbeitgebern und Arbeitnehmern die Orientierung auf dem Arbeitsmarkt.

Wenn also der Beruf eine dauerhafte, auf Spezialisierung der Fähigkeiten und Kompetenzen beruhende Form der Bereitstellung von Arbeitsvermögen ist und Fachlichkeit das Kriterium für die Qualität der immanenten Fertigkeiten und Kenntnisse, welche Profilbildung in Beruflichkeit und Fachlichkeit braucht die Industrie 4.0 z. B. für den Aufbau der notwendigen Kombikraftwerk-Technologie ?

Die Wege zu solchen Profilbildungen im Rahmen beruflicher Ausbildung werden vielfältig sein. SmartGrid-Control stellt als einen ersten Schritt dazu als „Schule der Zukunft“-Lernsystem das Zukunftsfeld regenerativer Energieversorgung vor, in dem dezentrale ET- und IT-Systeme hier beispielhaft funkgekoppelt zu einem intelligenten Gesamtsystem zusammenwachsen.

## 2.2 Systemkonzeption

Das SmartGrid-Control – System wurde in einem dreijährigen Entwicklungsverfahren von den Oberstufe-Klassen HB0EE1, HB1EE1 und HB2EE1 im Zusammenspiel von Theorieunterricht zur Entwicklung und Fachpraxisunterricht zur eigenständigen Realisierung aufgebaut. Die Systemcollage zeigt die integrierten ET-Subsysteme:

- verstellbarer Windsimulator und Windrad-Generator mit analoger Kennlinienanpassung für Einheitssignal 0 – 10V
- verstellbarer Sonnenlichtsimulator und Photovoltaik-Zelle dto.
- Lastsystem Förderpumpe mit energieeffizienter Pulsweitenanpassung PWM und direkt gekoppelter Oszilloskop-Anzeige
- Ampelleuchte zur Darstellung des aktuellen SmartGrid-Energiestandes gut (grün), Mangel (rot), Überschuss (gelb)
- funkverbundene SPS-Steuerung mit realem 3 Liter -Pumpspeicherwerk-Modell, die autonom agierend aus den IT-Netzdaten flexibel und intelligent optimale Speicherwerk- und Netz-Bedingungen errechnet und realisiert. Zentrale Komponenten sind dabei die Pumpe und die Schaufelrad-Turbine.

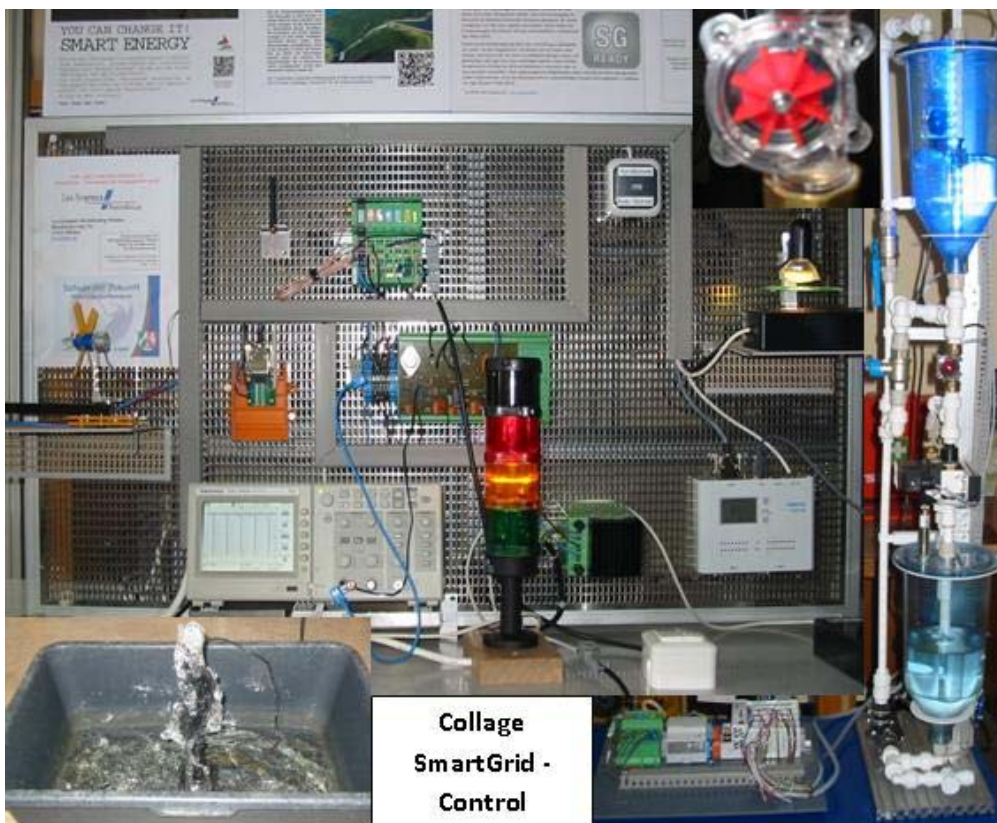


Abbildung 2: Smart-Grid-Control mit integrierten IT-Subsystemen

## 2.3 Industrie 4.0: Kombikraftwerk durch ET-/IT-Kopplung

Intelligentes Herz der Anlage ist das von Fa. ADIRO entwickelte „Energy Intelligence System EIS“. Das System empfängt die oben beschriebenen Einheitssignale der Subsysteme über die EASY-Box der Fa. Festo mittels USB-Kopplung. Das System berechnet mit ergänzender Kraftwerkssimulation wie einer bedarfsabhängigen Gasturbine den aktuellen Energiemix-Status und liefert dabei die notwendigen Regeldaten hier per Funk an das autonome Pumpspeicherwerk. Dabei wird das reale Pumpspeicherwerk-Niveau rückgekoppelt und exakt auf der Simulationsfläche im EIS abgebildet. Im Handmodus können zudem geeignete Pumpspeicherwerk-Funktionen in Abhängigkeit vom Statusampel-Lichtsignal auch von Lernenden per Taster-Funktion realisiert werden. Das interaktive Zusammenspiel mit variabel verstellbaren Energieerzeugern (Potentiometer) und virtuellem Wasserkocher verdeutlicht dabei den Lernenden die Stabilitätsproblematik im Kontext der Kombikraftwerke.

Das verantwortungsbewusste Verbraucherverhalten wird zudem durch die integrierte Waschmaschine angesprochen. Sie wurde mit einer „SmartStart“-Funktion (vgl. 1.4) ausgestattet, d.h. sie startet nach dem Einschalten ihr Waschprogramm mit zeitgesteuerten unterschiedlichen Energieverbräuchen erst wenn eine ausreichende Energieeinspeisung gegeben ist.

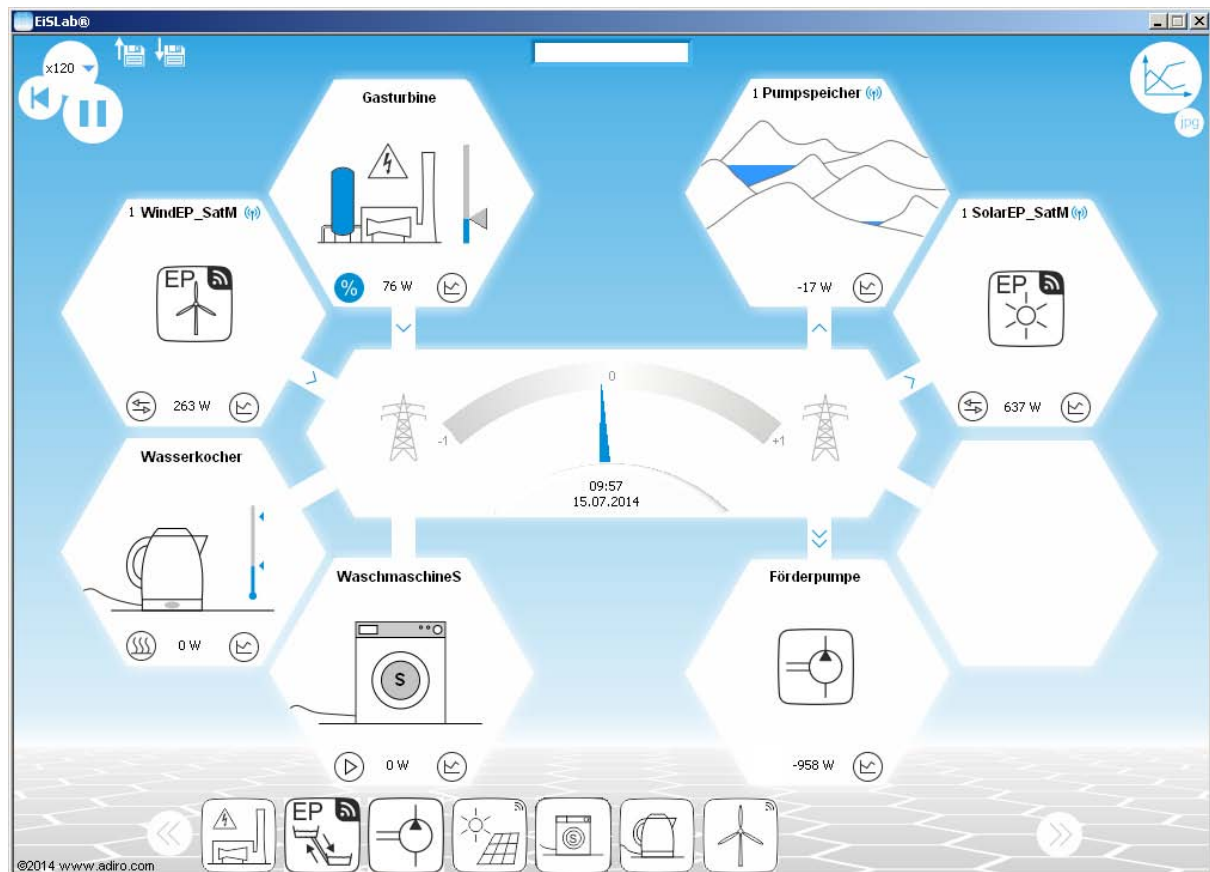


Abbildung 3: Energieverfügbarkeitsgesteuerte Hausgeräte (vgl. ADIRO 2014)



### 3 Das System als Botschafter für Smart Energy

#### 3.1 Aktivitäten

Das real erstellte SmartGrid-Control - Projekt zur Energiewende dient auch allen dualen Elektroklassen im LSBK als Lernanlage. Es fungiert zudem als von Schülern begleitetes Ausstellungsprojekt auf Klima-Messen etc. der Region. Es wurde mehrfach öffentlich präsentiert, z. B. auf den „9. Holztagen Mindenerwald“ des Kreises Minden-Lübbecke mit den Sonderthemen Umwelt und Energie im März 2014. Dabei wurde den angehenden Elektrofachleuten im Rahmen ihres „Messestand-Schichtdienstes“ schnell klar, dass der Aufruf zum bewussten Energieverhalten zwar in aller Munde ist, aber dass die Anzahl der Menschen, die sich zu diesem Thema konkret informieren wollen, dennoch relativ klein ist.

Es diente zudem im Juni 2014 als Lernträger an den Projekttagen der Mindener Kurt-Tucholsky-Gesamtschule im Rahmen des von der Deutschen UNESCO-Kommission offiziell anerkannten BNE-Bildungsprojektes der Stadt Minden "Klima für Energiewandel - eine Herausforderung" [BNE = Bildung für nachhaltige Entwicklung – Weltdekade der Vereinten Nationen 2005 – 2014]. (vgl. BNE Minden 2013).

#### 3.2 Integration der Techniker-Ausbildung am Beispiel der Windenergie-Simulation

Im Rahmen ihrer Abschlussprojektarbeit entwickelten zwei Studierende der Technikfachschule für Elektrotechnik 2012 eine „Web-Applikation als Informations- und Visualisierungssystem für die Solaranlagen des Leo-Symphor-Berufskollegs“. Hier ergänzten sie speziell für die SmartGrid-Anlage eine Internet basierte Abfrage der realen Leistungsdaten der LSBK-Photovoltaik-Anlage und der Spannungsdaten einer einfachen Windstärken-Messanlage, die minütlich in einer SQL-Datenbank gespeichert werden, zur Integration in die ADIRO-EIS-Anlage:

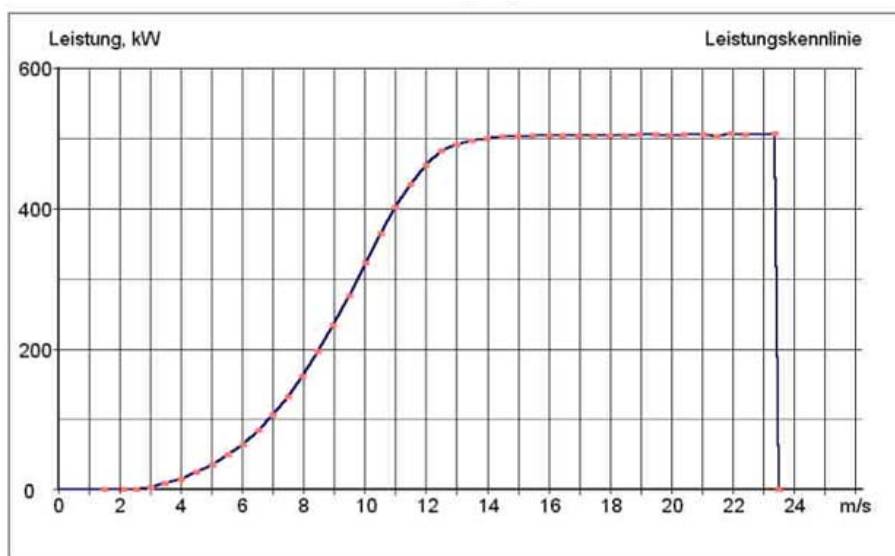


Abbildung 4: Fiktive Leistungs-Kennlinie Windrad

Wind- und Sonne-Daten können auf Anfrage eines Clients per Intranet gesendet werden. Die Abfragemöglichkeit mit Browser könnte lauten „http://solar/Website/adiro.php“ mit z. B. folgendem Ergebnis-String: 3.4;198;205;203;685;312 (Windgeschwindigkeit in m/s; fiktive Windleistung in W; Leistung PV-Strang 1, 2, 3 in W; PV-Tagesenergie in Wh).

Die integrierte Formel zur fiktiven Windradleistung wandelt auf der Basis einer Excel-Trendlinie die lineare Dateneinspeisung 0-40 m/s um in eine „reale“ Windanlagenkennlinie (siehe Datenblatt oben und Abb. 5) mit  $P_{max} = 2400$  W:

```
<?php
Include('funktionen\requestnewdata.php');
$string=requestnewdata(array('Var_15','Var_03','Var_05','Var_07','Var_11'));
$arr= explode(";", $string);
$arr[0]=$arr[0]/2.0; // Anpassung der Anzeige
Windgeschwindigkeit
$x=$arr[0]; // Fiktive Windradleistung
if($x>24) $x=0;
$y=(-10.216*pow(($x/10),6)+77.354*pow(($x/10),5)-207.37*pow(($x/10),4)
+216.00*pow(($x/10),3)-48.919*pow(($x/10),2) +11.897*($x/10))*40.118 / 1000;
$y=round($y,3);
echo implode(";", $arr).";". $y;
?>
```

Abbildung 5: Trendlinienberechnung

In der EIS-Anlage wurden von der Fa. ADIRO für Empfang und Nutzung dieser Daten im LSBK-Auftrag eine spezielle Systemwabe entwickelt und implementiert. Damit kann nun über das Intranet der Schule die aktuelle Sonnen- und Windenergie der Umwelt im Smart-Grid-System integriert werden.

### 3.3 Nachhaltigkeitspreis 2014 von Umweltstiftung der ostwestfälischen Wirtschaft

Nachhaltigkeit ist in aller Munde und prägt das Handeln in Gesellschaft und Wirtschaft. Dieser zunehmenden Bedeutung trug die Umweltstiftung der ostwestfälischen Wirtschaft mit der Verleihung des Nachhaltigkeitspreises 2014 Rechnung. Den Sonderpreis in Höhe von 2.500 Euro erhielt dabei am 12.3.2014 das Leo-Symphor-Berufskolleg aus Minden.

Überreicht wurden die Preise während eines "Abends der Nachhaltigkeit" im Miele-Forum in Gütersloh vor 300 Gästen aus dem Umfeld der IHK Bielefeld. Jurysprecher Dr. Heinrich Bottermann, Generalsekretär der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, stellte das Projekt mit dem Titel "Herausforderung Energiewende: Nachhaltig Handeln im Kontext von Smart Grid-Energiemix mit Pumpspeicherwerk-Simulation" vor und übergab den Ehrenpreis an StD Reinhard Geffert und an Alexander Harder, Mitglied der erfolgreichen Projektgruppe der

HB1EE1. Ein kurzer Film dazu ist über den „Schule der Zukunft“-Button auf [www.lsbk.de](http://www.lsbk.de) abrufbar.

#### 4 Ausblick und Transferbereitschaft

Seit 2003 läuft im Rahmen der AGENDA21-Aktivitäten am Leo-Symphor-Berufskolleg Minden das vom Fachbereich Elektrotechnik initiierte „Lokale Aktionsprogramm für die nachhaltige Entwicklung von umweltentlastenden Verhaltensweisen durch Energie-Effizienz in industriellen Prozessen & Haushaltsanwendungen“. (vgl. Geffert 2006)

Es wird in der aktuellen 4. NRW-Landeskampagne „Schule der Zukunft“ bis Ende 2014 vom Anspruch „YOU CAN CHANGE IT! SMART ENERGY“ geprägt und dabei auf „Smarte Energielandschaften“ erweitert.



Abbildung 6: Public Relation für nachhaltige Bildung

#### Literatur

ADIRO (2014): Online: <http://www.adiro.com/de/lernsysteme/software/index.php> (29.09.2014).

BNE Minden (2013) Online: <http://www.minden.de/internet/page.php?typ=2&site=7000657> (29.09.2014).

Geffert, R. (2006): „Agenda 21 in der Schule“ – Lehren & Lernen für eine nachhaltige Entwicklung von umweltentlastenden Verhaltensweisen im Beruf und im Privatleben. In: lernen & lehren, 21. Jahrg., Sonderheft 2, 43.

Hannover Messe (2014): Wo bitte geht's zur Intelligenz? Die Energiebranche weist die Richtung. Online: <http://www.hannovermesse.de/de/news-trends/integrated-industry-next-steps/artikel/wo-bitte-gehts-zur-intelligenz-die-energiebranche-weist-die-richtung.xhtml> (26.10.2014).

LSBK Minden (2014): Online: [http://www.lsbk.de/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=100003](http://www.lsbk.de/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=100003) (29.09.2014).

Miele (2013): Online: [http://www.miele.de/de/haushalt/produkte/44669\\_44674.htm](http://www.miele.de/de/haushalt/produkte/44669_44674.htm) (29.09.2014).

Odenwald, M. (2014): Neue Technologie soll Strahlen-Problem lösen. Online: [http://www.focus.de/wissen/weltraum/odenwalds\\_universum/die-frage-um-das-endlager-wohin-mit-dem-hochgiftigen-atommuell\\_id\\_3646845.html](http://www.focus.de/wissen/weltraum/odenwalds_universum/die-frage-um-das-endlager-wohin-mit-dem-hochgiftigen-atommuell_id_3646845.html) (26.10.2014).

Vogel Business Media (2013): Online: <http://www.maschinenmarkt.vogel.de/themenkanale/erneuerbareenergien/articles/384615/> (29.09.2014).

## Zitieren dieses Beitrages

---

Geffert, R. (2015): SmartGrid-Control: Reales Industrie-4.0-Lernsystem mit ET- und IT-Kopplung. In: *bwp@ Spezial 8 – Arbeitsprozesse, Lernwege und berufliche Neuordnung*, hrsg. v. Schwenger, U./Geffert, R./Vollmer, T./Neustock, U., 1-11. Online: [http://www.bwpat.de/spezial8/geffert\\_bag-elektro-metall-2015.pdf](http://www.bwpat.de/spezial8/geffert_bag-elektro-metall-2015.pdf) (19.02.2015).

## Der Autor

---



**Dipl.-Berufspäd. Dipl.-Ing. (FH) REINHARD GEFFERT**

Leo-Symphor-Berufskolleg Minden

Habsburgerring 53a, 32425 Minden

[e-elektro@lsbk.de](mailto:e-elektro@lsbk.de)

[www.lsbk.de](http://www.lsbk.de)