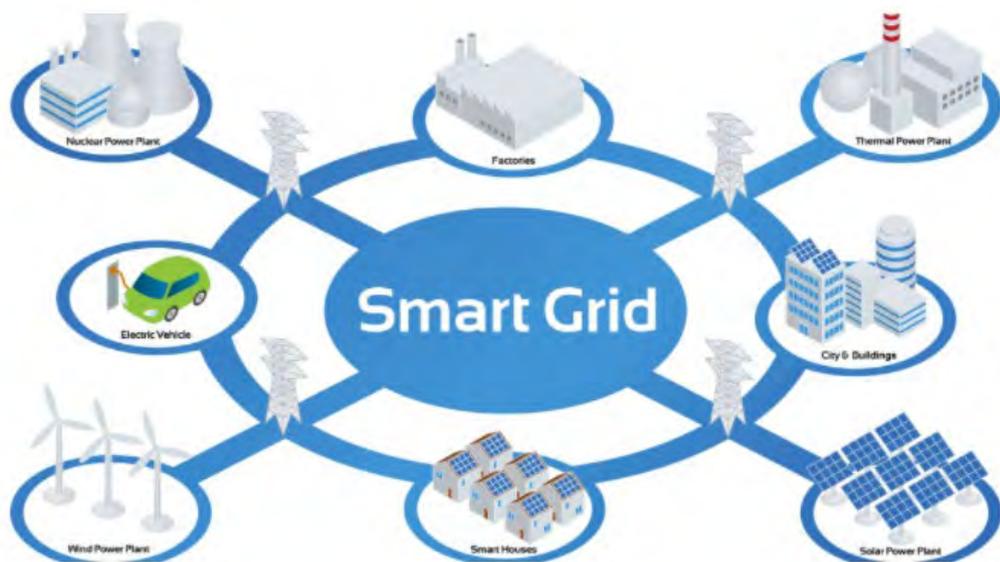




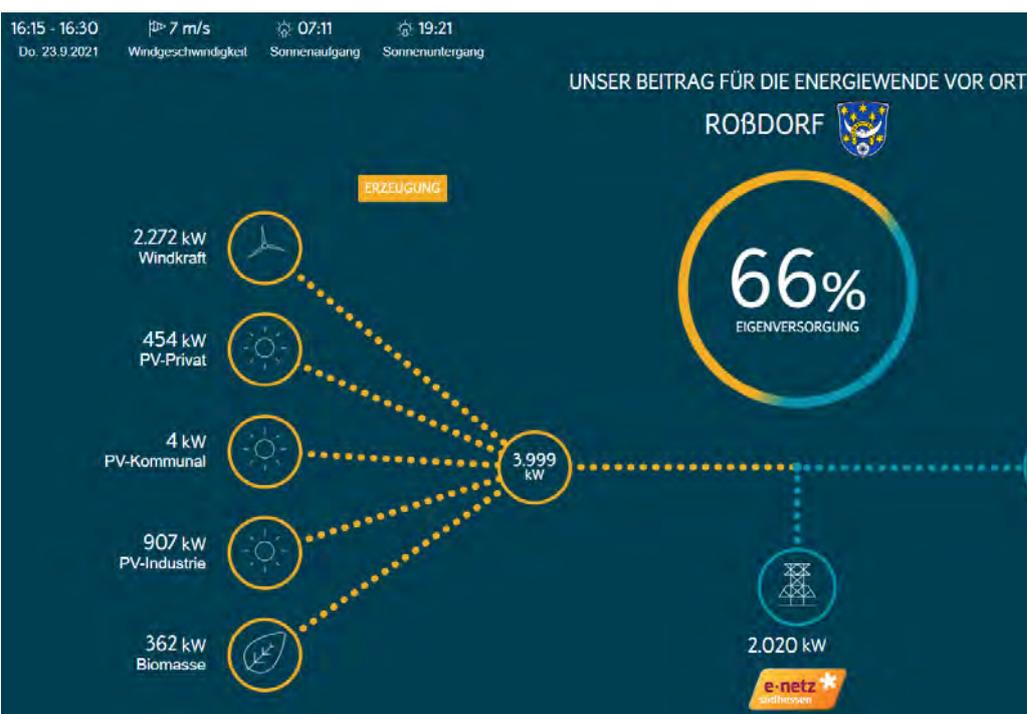
Kofinanziert durch das
Programm Erasmus+
der Europäischen Union

smart grid – intelligente Stromnetz 4.0

Teachware für den Unterricht und für die Ausbildung



<https://christopherstrobel.de/2016/04/19/das-energiesystem-der-zukunft/>



<https://energiemonitor.entega.ag/rossdorf>

Erasmus+ Projekt:
smart grid - intelligente Stromnetze 4.0
2018-1-DE02-KA202-005075



Kofinanziert durch das
Programm Erasmus+
der Europäischen Union

Bozen/IT, Bregenz/AT, Darmstadt/DE, Sokolnice/CZ, Wien/AT

2021

Projektgruppe „smart grid“

<https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/projects/eplu-project-details/#project/2018-1-DE02-KA202-005075>

www.erasmusplus-project.eu

Kontakt: smartgrid@hems.de

Redaktion/Layout: Gerald Hubacek mit der Projektgruppe, HEMS Darmstadt und DKBB Darmstadt

Print: www.diedruckerei.de

Photos: Projektgruppe, stock photo platform www.pexels.com

Disclaimer

The European Commission support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents which reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

copyright

The results of these EU projects are available under the following license:



Further information on licensing is available at: <https://creativecommons.org/licenses/?lang=de>

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	2
1. Rechercheauftrag zum Thema „smart grid“ (LB1)	3
2. smart grid Lernaufgaben online (LB1)	17
3. Simulationsprogramm smart grid (LB1)	24
4. Basisinformationen zum Thema Energiezähler (LB3)	29
5. smart meter in der Tschechischen Republik (LB3)	34
6. Lernaufgaben zu den Themen „smart meter“ und LED-Lampen (LB1/3)	49
7. Entwurf und Bau eines didaktischen smart meters (LB3)	62
7.1 Grundkenntnisse	62
7.2 Mit dem Raspberry Pi einen Energiezähler bauen	99
7.3 Die Platine des Energiezählers	96
7.4 Der Schaltplan de Energiezählers	106
8. Das smart grid als Praxismodell (LB2)	107
8.1 Erste Überlegungen und Ansätze	107
8.2 Anregungen und Dokumente für die Entwicklung	114

LB = Lernbaustein

Vorwort

Diese Broschüre ist ein Ergebnis des Erasmus+ Projekts "smart grid - intelligente Stromnetze 4.0" (2018-1-DE02-KA202-005075). Die Projektgruppe hat sich ein außerordentlich zukunftssträchtiges, komplexes und innovationsreiches Thema ausgewählt. So war es notwendig, während des ersten Projektmeetings das Thema einzugrenzen und passgenaue Lernbausteine zu definieren. Kriterien für die Festlegung der Lernbausteine sind die schulinternen Curricula der Berufsschulen, die smart grid Entwicklung im Partnerland und die Bedarfe der Schulen, um damit zu beginnen, die smart grid Lücke im Lehrplan zu schließen. Die Broschüre enthält eine Ergebnisauswahl zu diesen drei Lernbausteinen (LB):

- LB1: smart grid Demonstrationssoftware mit SOL-Konzept (Rechercheaufträge), Überblick aufbauen
- LB2: smart meter, Theorie- und Praxisaufgaben, Fortgeschrittenenwissen erwerben
- LB3: smart grid Praxismodell, Praxisaufgaben z.B. Mess- und Analyseübungen, Montageübungen, Theorieszenarien, (Anfänger bis Expertenwissen aneignen)

Die Lernbausteine wurden von fünf Berufsschulen aus vier Ländern, Ausbildungsunternehmen, der IHK Darmstadt und des DKBB entwickelt:

- Heinrich-Emanuel-Merck-Schule Darmstadt
- Landesberufsschule für Handwerk und Industrie Bozen
- Landesberufsschule Bregenz 2
Střední škola elektrotechnická a energetická Sokolnice
- Berufsschule für Elektrotechnik und Mechatronik Wien
- Industrie- und Handelskammer Darmstadt Rhein Main Neckar
- Darmstädter Kreis für Berufliche Bildung DKBB e. V

Das Projekt smart grid verfolgt drei Ziele: Z1) die Entwicklung, Erprobung und Evaluation eines Unterrichtsmoduls zur Ergänzung der regionalen Ausbildungspläne, Z2) die Weiterentwicklung des transnationalen Berufsbildungsnetzwerks sowie Z3) kompetenzorientierte Unterrichtsformen (SOL, HO) zum Web Based Learning austauschen. Die Broschüre verfolgt vorrangig die Ziele Z1 und Z2. Die bereitgestellten Inhalte der Broschüre basieren auf einem offenen Konzept. Das bedeutet, auch wenn es Vorschläge gibt, wie das Material verwendet werden kann, können Sie sich frei fühlen, das zu nehmen, was Sie brauchen, das dargestellte weiterzuentwickeln und Ihren Bedarfen anzupassen. Weitere Teachware zu den einzelnen Lernbausteinen finden Sie auf unserer Projekthomepage unter <http://erasmusplus-projekte.eu>. Falls Sie Fragen haben, richten Sie diese gerne an uns. Dafür haben wir eine E-Mail-Adresse eingerichtet: smartgrid@hems.de Die Broschüre verfolgt nicht das Ziel, ein Fachbuch zu sein oder fertige Lernbausteine zur Verfügung zu stellen, sie zielt vielmehr darauf

- Anregungen zu geben, in das Thema einzusteigen und es anzupacken,
- Neugierde zu wecken, um Rückfragen an die Projektgruppe zu bewirken, damit wir ins Gespräch kommen,
- unser Netzwerk mit Ihnen zu erweitern, um durch einen pädagogisch-didaktischen Austausch unsere Vorschläge weiter zu entwickeln und mit neuen Ideen zu bereichern.

Nutzen Sie diese Broschüre zudem, um:

- die berufliche Bildung in Ihrem Land zu stärken,
- Ihr Bewusstsein für die Schönheit und die Unterschiede der verschiedenen Kulturen in Europa zu schärfen sowie
- Ihre Motivation zu steigern, neue Erfahrungen im Ausland zu sammeln.

Vielen Dank, dass Sie sich für dieses Projekt interessieren. Das ist eine gute Entscheidung.

1. Rechercheauftrag zum Thema „smart grid“

Die folgenden Aufgaben sollen den Lerner dazu herausfordern, sich selbstständig und eigenverantwortlich mit dem Thema "smart grid" auseinander zu setzen, um sich Überblickswissen zu dem Themenfeld anzueignen.

Eine gemeinsame und vergleichende Besprechung der Antwortangebote der Lerner auf die verschiedenen Fragen ist methodisch auf die Lerngruppe anzupassen und die Ergebnisse zu sichern.

Rechercheauftrag zum Thema „*smart grid*“

Vorbemerkung:

Benutzen Sie zur Erarbeitung der Aufgaben Ihr Fachkundebuch, Recherchieren Sie im Internet oder benutzen Sie Hilfsangebote zu den Aufgaben.

Nutzen Sie bitte für die Aufgabe 3 die Google Trends Funktion. Es handelt sich dabei um einen Online-Dienst, der Informationen darüber bereitstellt, welche Suchbegriffe von Nutzern der Suchmaschine Google in einem selbst gewählten Zeitraum wie oft eingegeben wurden.

Aufgabe 1:

In welche Spannungsebenen ist unser Versorgungsnetz gegliedert?

Benennen Sie die Spannungsebenen und ordnen Sie die maximale elektrische Spannung und die jeweilige Aufgabe in Tabelle 1 zu.

Spannungsebene	elektrische Spannung in Volt	Aufgabe

Tabelle 1: Spannungsebenen

Hilfsangebot:

<http://www.energie-macht-schule.de/bdew/files/assets/basic-html/index.html#1>

Aufgabe 2

Abbildung 1 zeigt das klassische und das gegenwärtige Stromnetz.

- Beschreiben Sie bitte, wie das klassische Stromnetz funktionierte und wie es sich verändert hat. Gehen Sie dabei auf die Bedeutung der Farben gelb und blau sowie auf die Erzeuger und Kunden der verschiedenen Spannungsebenen ein.
- Heute wird häufig im Energiesektor auch von einem Prosumer gesprochen. Was ist ein Prosumer und in welchem Zusammenhang steht er zum heutigen Stromnetz?
- Mit welcher Netzfrequenz wird unser Stromnetz betrieben und warum ist die Stabilität dieser Frequenz „lebenswichtig“. Selbst unter extremen Bedingungen, wie zum Beispiel beim Ausfall einzelner Kraftwerke, zu Zeiten sehr hoher Netzbelastung oder nach der Unterbrechung von Versorgungsleitungen darf die Frequenz maximal um 0,05 Hz von der Netzfrequenz abweichen.

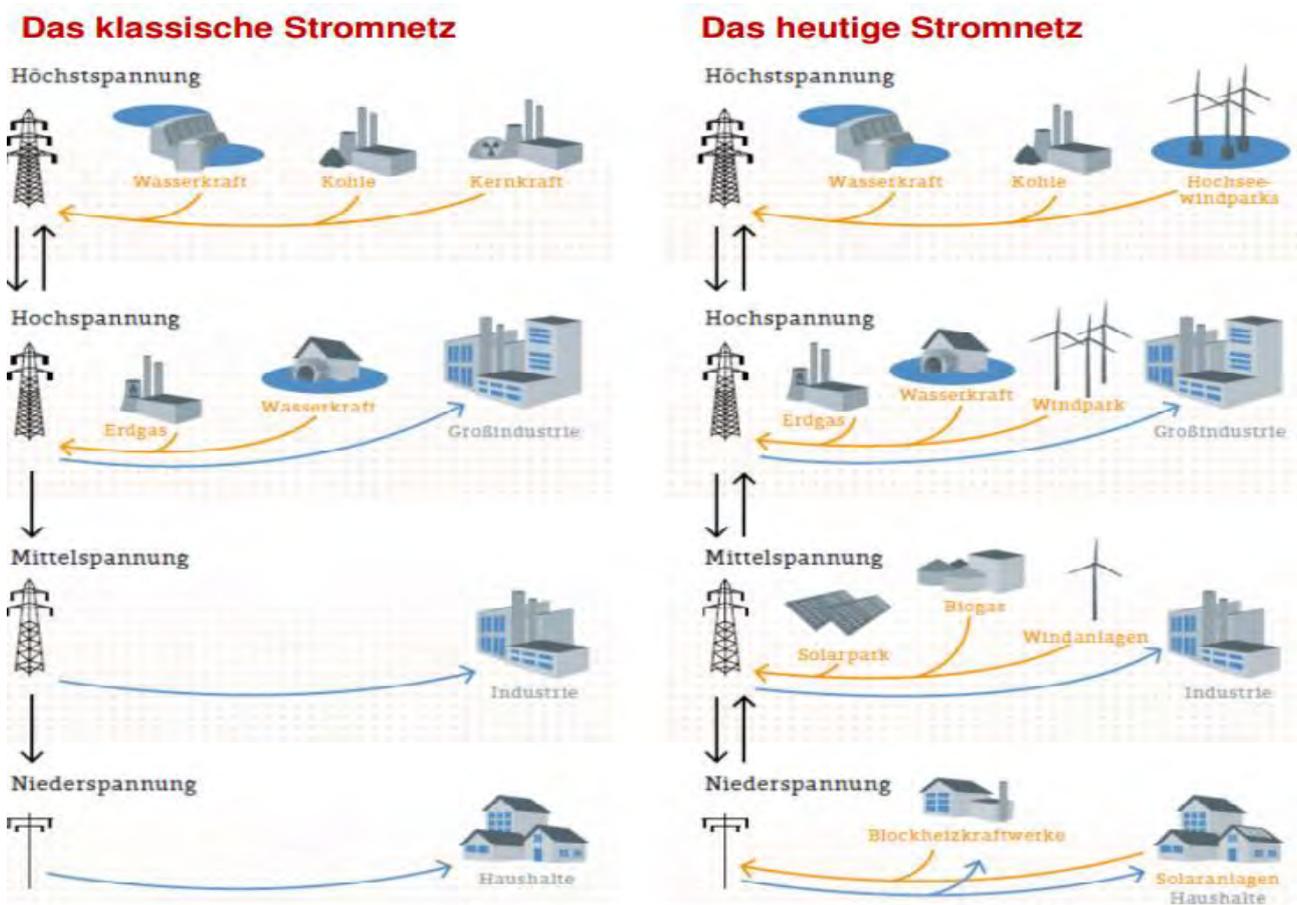


Abbildung 1: Stromnetze

Hilfsangebot:

[Energie macht Schule, Heft 3, Stromnetze](#)

[Youtube – RWE: Das Stromnetz der Zukunft](#)

[Forschung Stromnetze – Zukunftsfähige Stromnetze: Basisinformationen](#)

[Netzentwicklungsplan Strom - Wissen](#)

Aufgabe 3:

Rufen Sie bitte die Google Trend Funktion auf: <https://trends.google.de/trends/?geo=DE>

Geben Sie in das Feld „Suchbegriff oder Thema eingeben“ den Begriff **Energiemix** ein. Wählen Sie bitte folgende Einstellungen: Deutschland, 2004 bis heute, alle Kategorien und Websuche

- a) Interpretieren Sie bitte den dargestellten Graph und stellen Sie Vermutungen für auftretende Extrema auf. Nutzen Sie dafür auch Abbildung 2.
- b) Abbildung 2 zeigt den Energiemix in Deutschland. Beantworten Sie folgende Fragen:
 - a. Beschreiben Sie die Entwicklung des Gesamtenergiebedarfs in Deutschland.
 - b. Vergleichen Sie den Energiemix in Deutschland in den Jahren 1990 und 2017 in einer Tabelle (Hilfsmittel: Infoblatt - Bruttostromerzeugung in Deutschland ab 1990 nach Energieträgern).
 - c. Begründen Sie Veränderungen, die Sie in der Tabelle (Aufgabe 3bb.) festgestellt haben. Gehen Sie dabei insbesondere auf gesellschaftliche/politische Ereignisse ein.
 - d. Wie erklären Sie sich den Energieeinbruch im Jahr 2009.
 - e. Finden Sie die Bedeutung der violett eingefärbten Teile des Säulendiagramms heraus.
- c) Fügen Sie nun in Google Trends als Vergleich zunächst den Begriff Energiespeicher und anschließend den Begriff Energiewende zusätzlich ein. Stellen Sie Thesen für die dargestellten zeitlichen Verläufe auf.
- d) Wodurch wird die Verfügbarkeit der PET (fossile und nukleare Primärenergieträger) und EET (erneuerbare Energieträger) beeinflusst?
- e) Welche Umweltbelastungen treten durch die Nutzung der PET auf bzw. verstärken sich.
- f) Welche Ziele hat sich die EU unter dem Slogan „20-20-20 in 2020“ gesetzt?

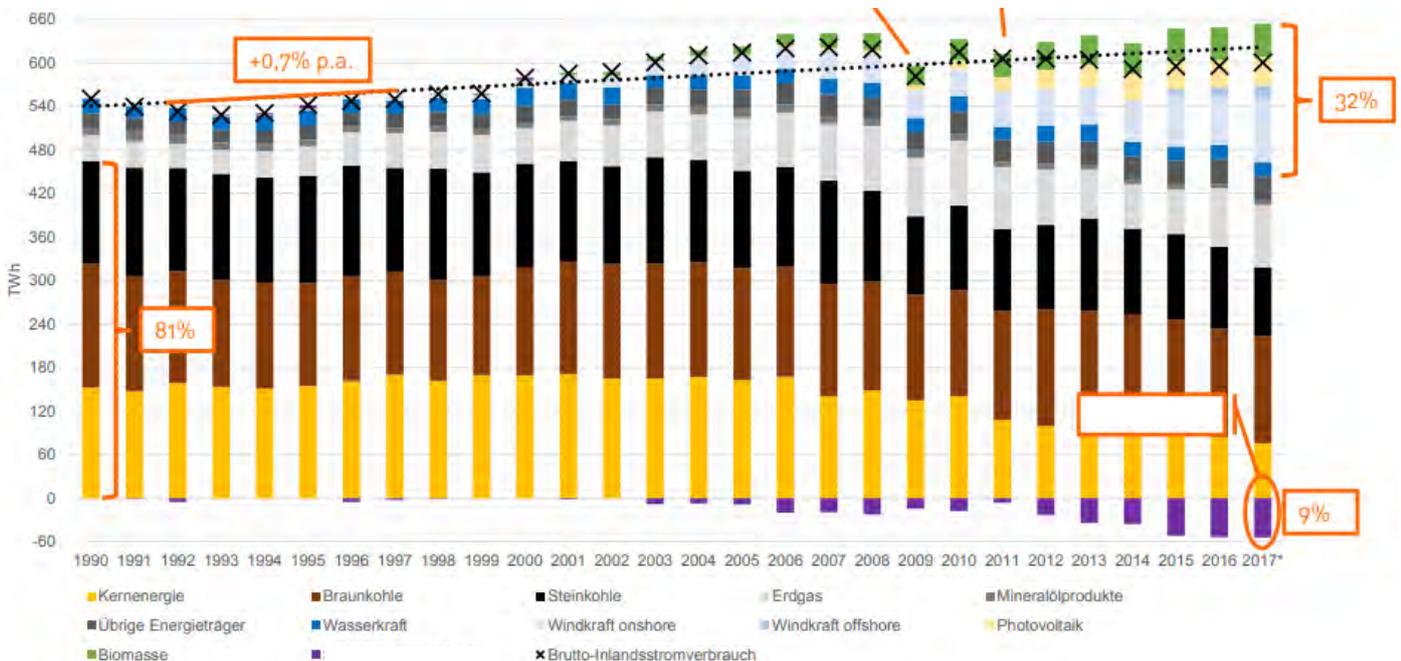


Abbildung 2: Säulendiagramm Energiemix in Deutschland

Aufgabe 4:

Bitte beantworten Sie zum Thema erneuerbare Energien folgende Fragen:

- a) Erklären Sie bitte, welche regenerativen Energieerzeugungsarten unter dem Begriff „Erneuerbare Energien“ zusammengefasst werden?
- b) Erläutern Sie bitte die Bedeutung der internationalen Diskussion zum Klimaschutz für den Ausbau der Erneuerbaren Energien.
- c) Stellen Sie bitte auf einer Deutschlandkarte die technischen Potentiale der Erneuerbare Energien in Deutschland dar.
- d) Erklären Sie bitte die Bedeutung der Volatilität der Erneuerbaren Energien für die Energieversorgung und erläutern Sie bitte an Abbildung 3 den Begriff „Dunkelflaute“.

Hilfsangebote:

[Energie macht Schule, Heft 1, Erneuerbare Energien](#)

[Umweltbundesamt – Thema Internationale und EU-Klimapolitik](#)

[EnergieDialog.NRW – Herausforderungen der Energiewende: Digitalisierung und Volatilität](#)

[Youtube – Acatech: Klimawandel einfach erklärt](#)

Infoblatt: „Stromversorgung heute“ (zu Aufgabe 4)

Auf Abbildung 3 kann man den typischen Stromverbrauch und die Stromerzeugung in den Tagen vom 4. Mai 2016 bis zum 9. Mai 2016 ablesen. Die obere Grafik bildet die Stromerzeugung durch Erneuerbare Energien ab, die untere die Stromerzeugung durch konventionelle Kraftwerke. Die Bedarfsdeckung aus Erneuerbaren Energien und die Residuallast durch konventionelle Kraftwerke ergeben zusammen den Stromverbrauch.

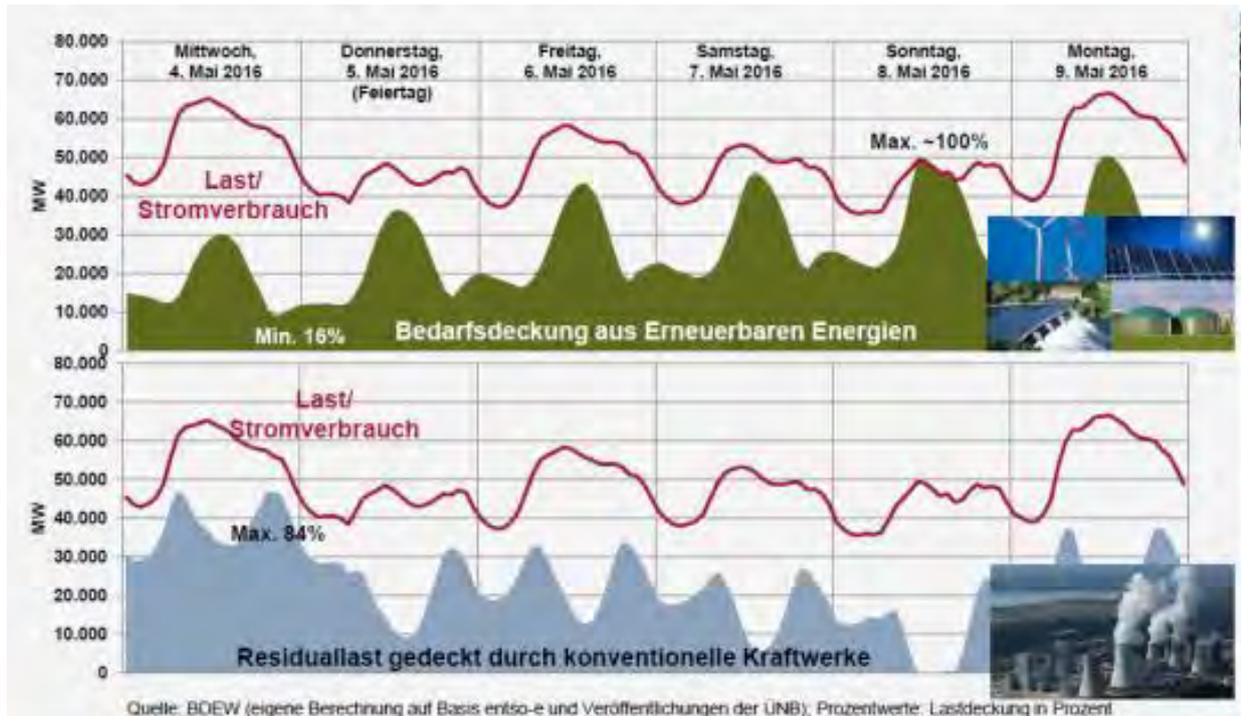


Abbildung 3: Stromversorgung heute

- Wann wird im Tagesverlauf der meiste Strom verbraucht? Warum ist das so?
- Die Erneuerbaren Energien haben in Deutschland einen gesetzlich geregelten Einspeisevorrang. Was bedeutet das für die konventionellen Kraftwerke?
- Zu welchem Zeitpunkt spricht man von „Dunkelflaute“?

Aufgabe 5:

Bitte beantworten Sie zum Thema Wärmekraftwerke folgende Fragen:

- a) Erklären Sie bitte die technische Struktur eines Wärmekraftwerkes.
- b) Erläutern Sie bitte die einzelnen technischen Komponenten.
- c) Erläutern Sie bitte den Begriff Wirkungsgrad.
- d) Recherchieren Sie bitte, wie viele große Wärmekraftwerke es in Deutschland gibt.
- e) Stellen Sie bitte die Vor- und Nachteile eines Wärmekraftwerkes gegenüber.

Hilfsangebote:

[Energie macht Schule, Heft 2, Wärmekraftwerke](#)

[Youtube – TheSimplePhysics: Dampfturbine selbst bauen](#)

[Wikipedia – Wärmekraftwerk](#)

[Animation – Wie entsteht Strom in einem Wärmekraftwerk?](#)

Infoblatt: „Wärmekraftwerke“ (zu Aufgabe 5)

Thermische Kraftwerke haben eines gemeinsam: Sie nutzen eine Wärmekraftmaschine zum Antrieb eines Generators. Zu ihnen zählen Kraftwerke für fossile Brennstoffe wie Kohle, Öl und Gas, aber auch Kraftwerke, die Müll und Biostoffe verbrennen.

Die meisten Wärmekraftwerke sind Dampfkraftwerke. Ihre Gemeinsamkeiten liegen darin, dass durch die Verbrennung eines Energieträgers in einem Kessel Wärme erzeugt und damit Wasser verdampft wird. Der Dampf treibt eine Turbine an, die ihre mechanische Energie an einen Generator überträgt, in dem Strom erzeugt wird. Bei der Umwandlung von Wärme in elektrische Energie ist das Wasser bzw. der Wasserdampf das Arbeitsmittel.

Bitte übertrage folgende Begriffe in die schematische Darstellung eines Wärmekraftwerks (Abb. 4):

Schornstein, Rauchgasreinigung, Kessel, Wasser-Dampf-Kreislauf, Turbine, Generator, Stromleitung, Kühlturm, Kühlwasserkreislauf, Kondensator, Kohlelager, Kohlemühle, Kohlenstaubgebläse, Speisewasserpumpe

Bitte übertrage folgende Begriffe in die Energieumwandlungskette (Abb. 4):

chemisch gebundene Energie, elektrische Energie, Rotationsenergie, Wärmeenergie

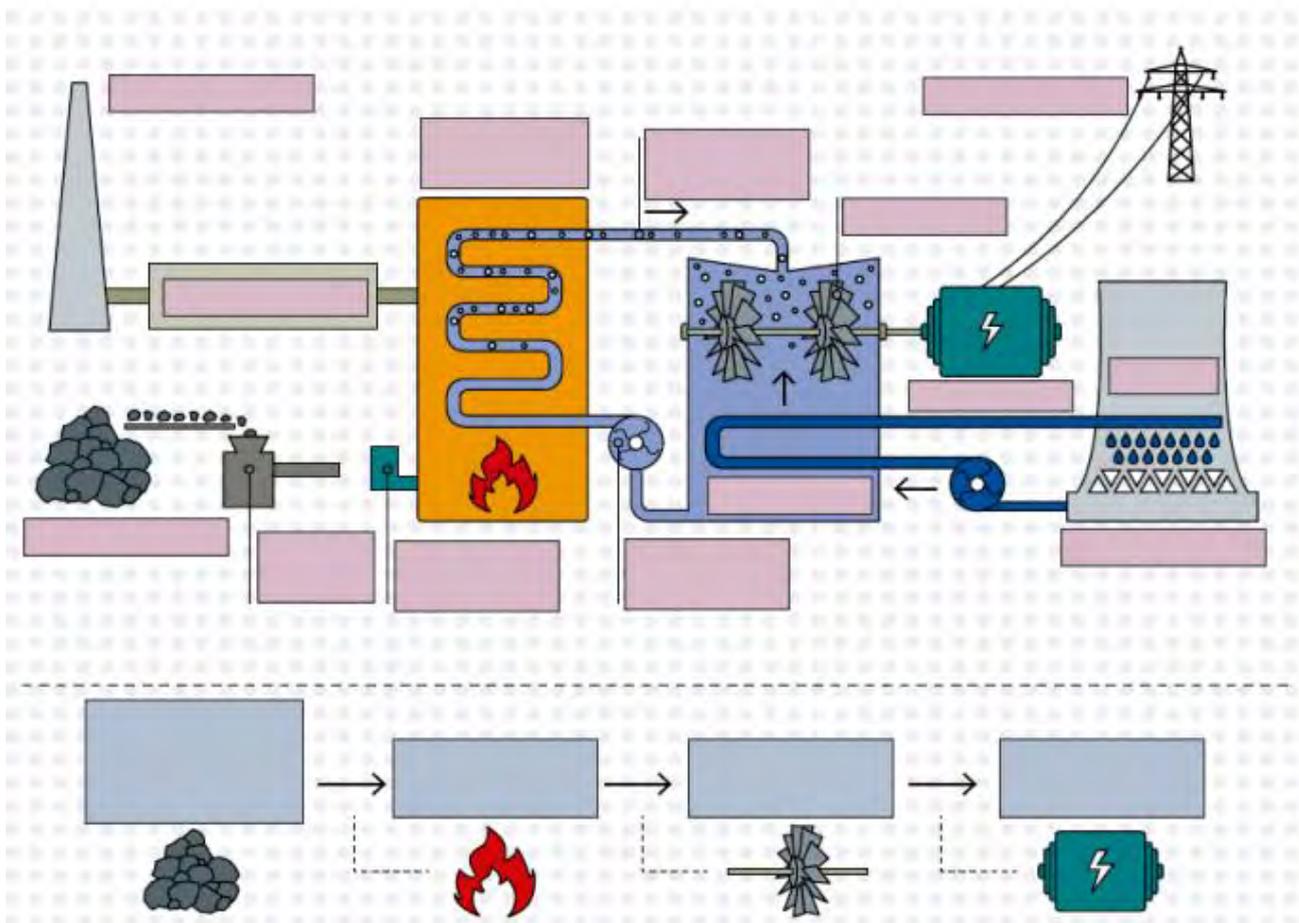


Abbildung 4: Wärmekraftwerk

Aufgabe 6:

- a) Starten Sie die Animation „Warum Smart Grid“ <http://www.warum-smartgrid.de/> und beantworten Sie folgende Fragen:
 - a. Weshalb ist die Stromerzeugung bei Anlagen der erneuerbaren Energien (Windpark, Solaranlage, Gezeitenkraftwerk) häufig schwankend?
 - b. Weshalb führt das Einspeisen von Strom durch immer mehr Kleinanlagen (private Solaranlagen oder Windkraftträder) zu Schwierigkeiten für die Netzbetreiber?
 - c. Was ist das Besondere an der Zwei-Kanal-Kommunikation bei intelligenten Stromnetzen?
- b) Wie ändern sich die Rollen der Akteure im Stromnetz der Zukunft?
<http://www.web2energy.com/de/ueber-das-projekt/>
<http://www.warum-smartgrid.de/>
- c) Wie unterscheidet sich ein Smart Meter von einem herkömmlichen Stromzähler?
- d) Sie haben nun schon sehr viel herausgefunden. Beantworten Sie nun bitte folgende Frage:
 Was ist ein **Smart Grid** und aus **welchen Elementen** (Betriebsmittel, Komponenten) besteht es?
http://de.wikipedia.org/wiki/Intelligentes_Stromnetz#Problematiken_und_Herausforderungen_bei_Smart_Grids
<http://www.tagesschau.de/wirtschaft/smartgrid100.html> Was ist ein smart grid?
- e) Warum besteht etwa seit 2009 so großes Interesse daran, das sogar im Frühjahr/Sommer 2011 kurzzeitig sprunghaft angestiegen ist (Abbildung 5 und 6)?

Google Trend zu „Smart Grid“ in Deutschland

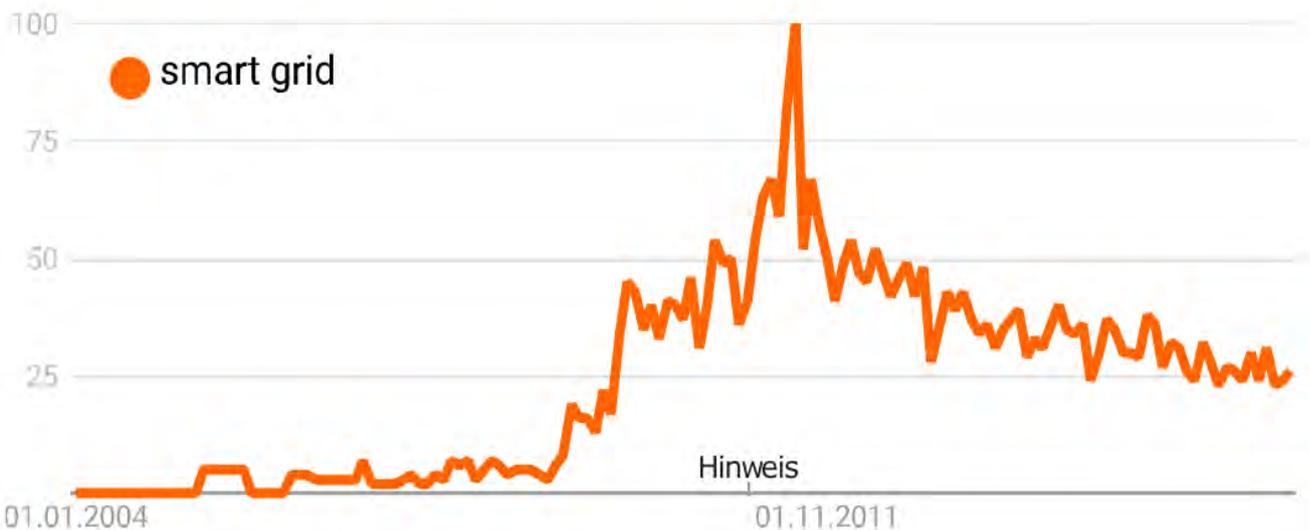


Abbildung 5: Google Trend zu smart grid

Aufgabe 7:

- Finden Sie eine Graphik, die ein smart grid zeigt und erklären Sie die Arbeitsweise.
- Welche Ziele sollen mit smart grids erreicht werden? Nutzen Sie auch Abbildung 6.



Abbildung 6: Energieversorgung im Wandel

Aufgabe 8:

Betrachten Sie bitte die Grafik (Abbildung 7).

Was kann man aus dieser Tagesverbrauchskurve ablesen?

Wie viele Personen leben wahrscheinlich in diesem Haushalt und wie gestaltet sich der Tagesablauf?

Kann man erkennen, ob ständig jemand zu Hause ist?

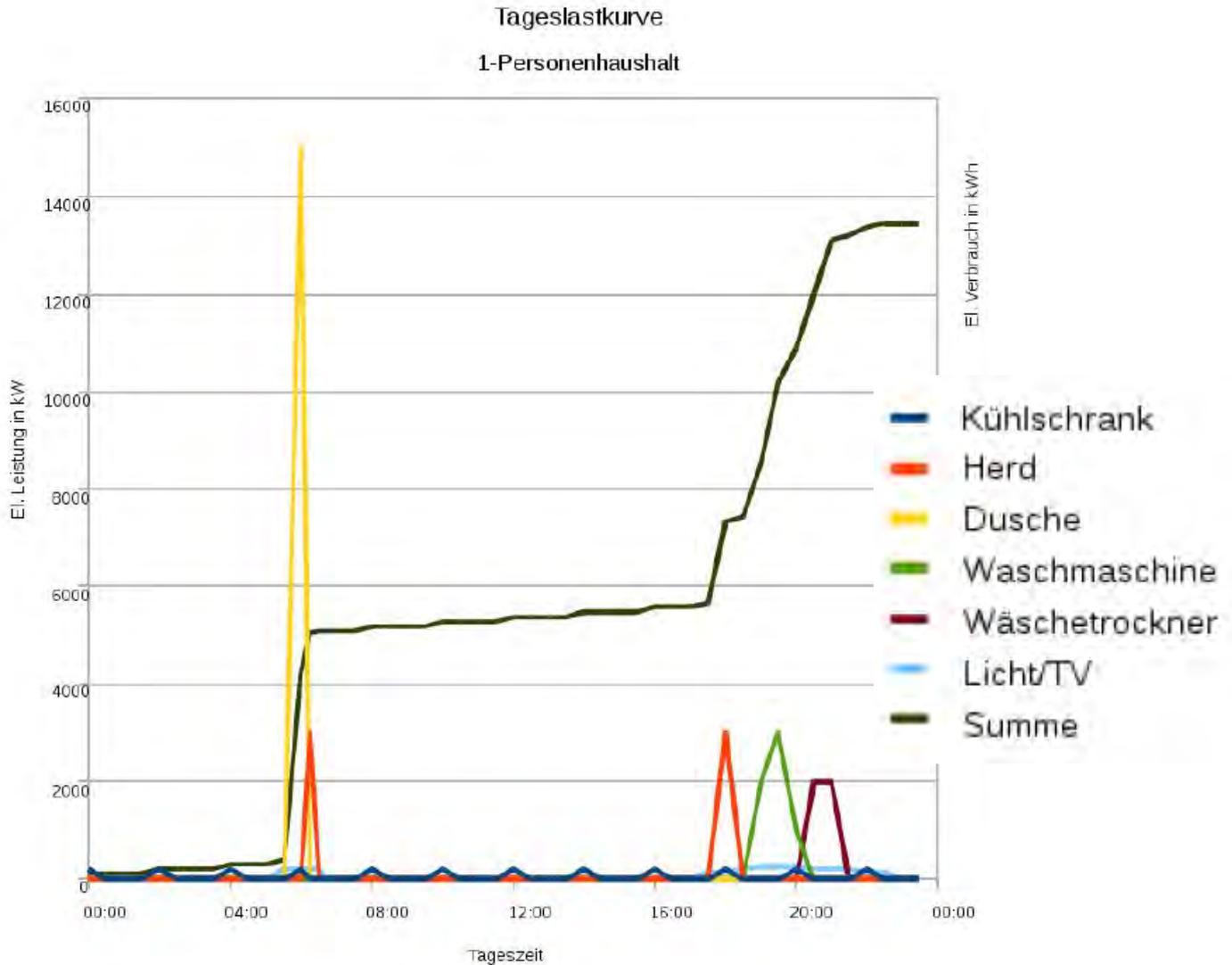


Abbildung 7: Tageslastkurve

Aufgabe 9:

Welche Rolle können Elektrofahrzeuge in einem Smart Grid spielen?

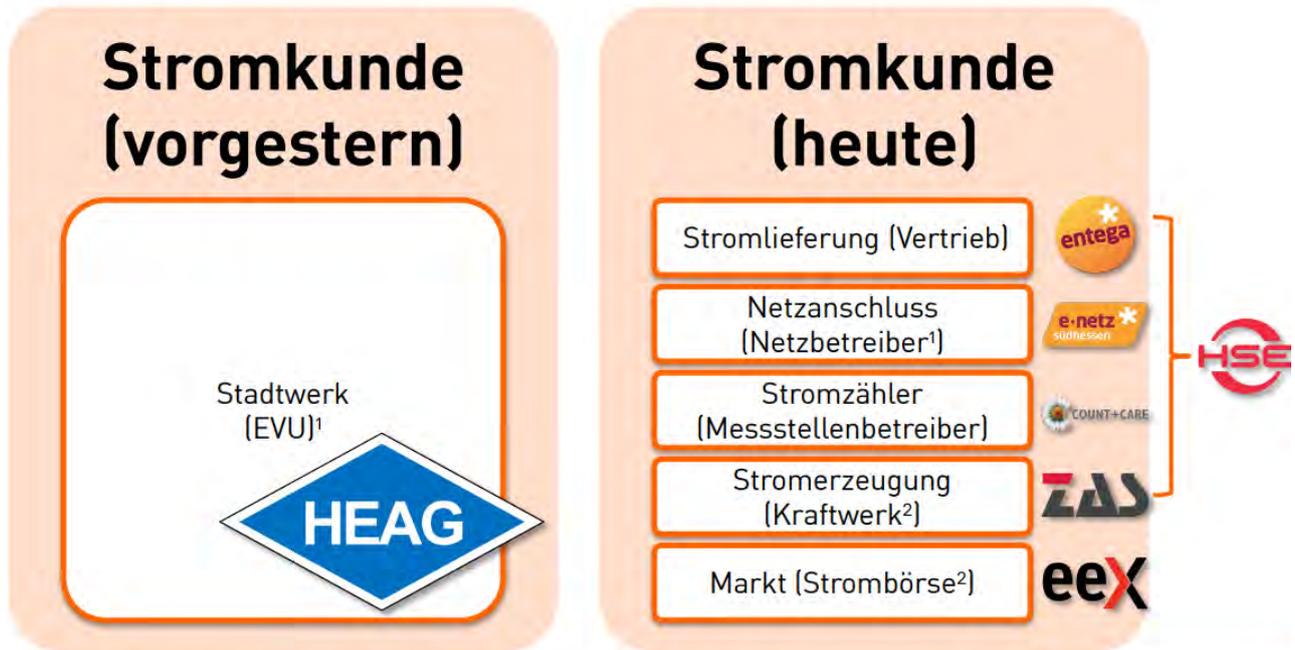
Recherchieren Sie bitte auf den beiden Internetseiten über die Modellregion Harz Elektromobilität:

<http://www.mein-elektroauto.com/news/projekte/harz-ee-mobilty>

<https://www.harzee-mobility.de/>

Aufgabe 10:

Erklären Sie den Begriff **Unbundling** unter Verwendung der Abbildungen 8 und 9.



1: Gebietsmonopol

2: indirekt

Darstellung exemolarisch

Abbildung 8: Unbundling

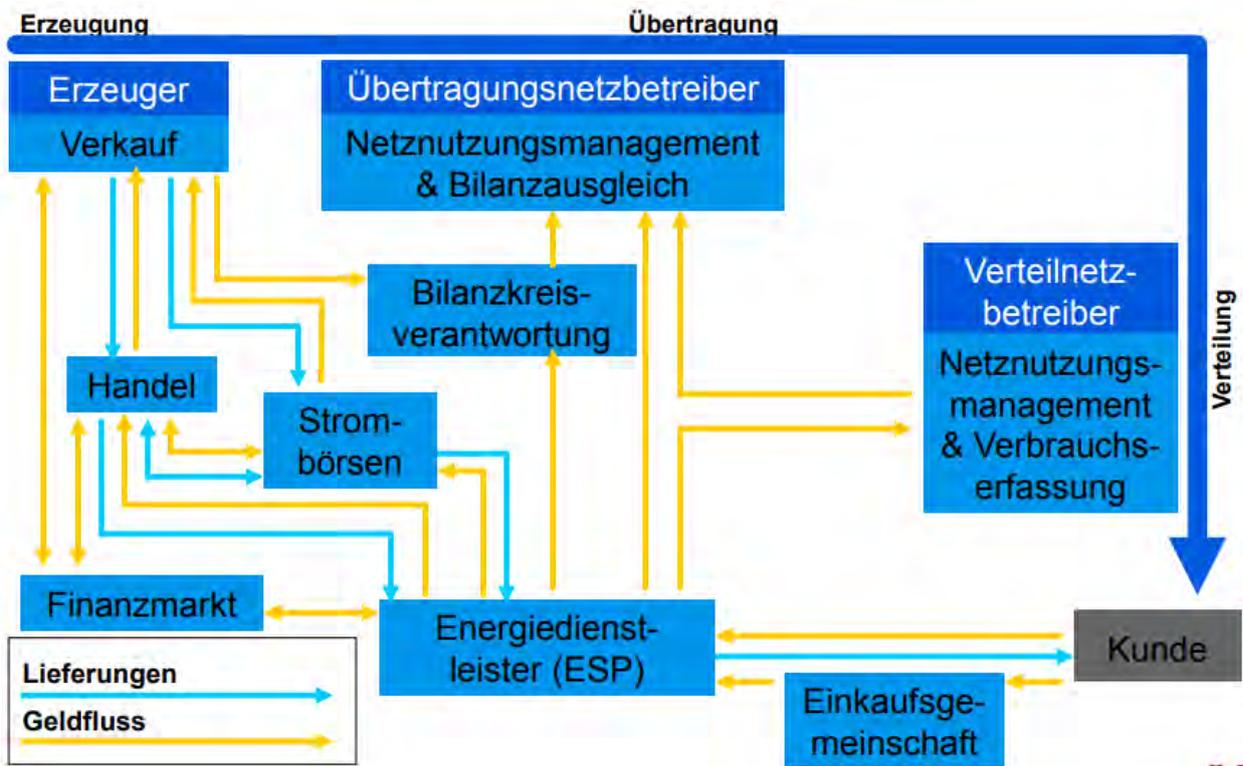


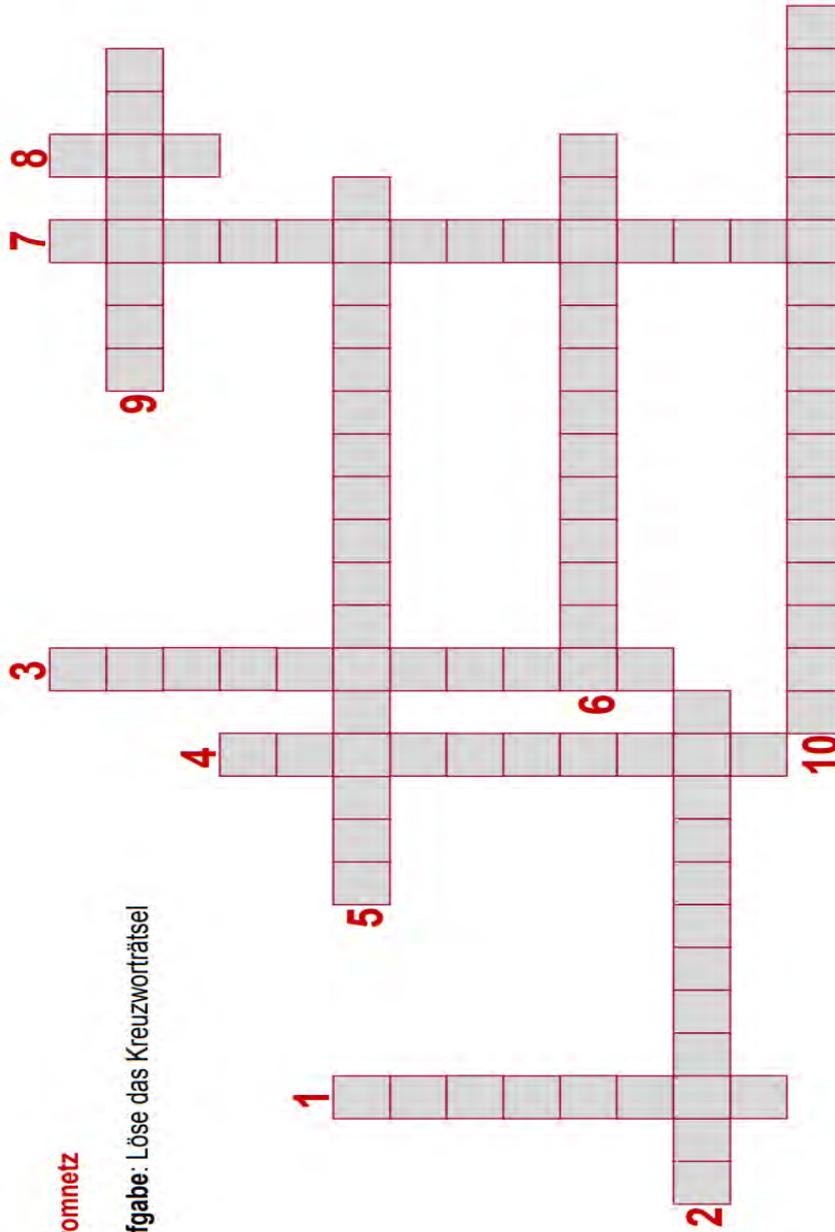
Abbildung 9: Infrastruktur Strommarkt

Aufgabe 11:

Lösen Sie bitte das Kreuzworträtsel.

Stromnetz

Aufgabe: Löse das Kreuzworträtsel!



1. Sie sind wichtig, um die Volatilität der Erneuerbaren auszugleichen.
2. Durch die Digitalisierung können sich die Erzeuger und Verbraucher leichter an verschiedenen Situationen im Netz anpassen. Man spricht von einer höheren Durch sie wird das System insgesamt effizienter.
3. Sie verteilen den Strom auf regionaler Ebene.
4. Wird von allen Verbrauchern gewünscht und ist für die technische Infrastruktur unerlässlich.
5. Die Rahmenbedingungen im Stromnetz ändern sich grundlegend. Deshalb spricht man von einem
6. Anlage zur Erhöhung oder Verringerung der Stromspannung.
7. Hier wird das Netz mit Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik überwacht.
8. dient der Energieübertragung mittels Gleichstrom über weite Entfernungen
9. Früher gab es ein paar große, inzwischen speisen viele Tausend ins Netz ein
10. Hier gibt es viel Industrie und es leben viele Menschen in der Region. Deshalb wird hier auch der meiste Strom verbraucht.

Infoblatt: Bruttostromerzeugung in Deutschland ab 1990 nach Energieträgern

Energieträger	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018 ¹⁾
Mrd. kWh																					
Braunkohle	170,9	142,6	148,3	154,8	158,0	158,2	158,0	154,1	151,1	155,1	150,6	145,6	145,9	150,1	160,7	160,9	155,8	154,5	149,5	148,4	145,5
Steinkohle	140,8	147,1	143,1	138,4	134,6	146,5	140,8	134,1	137,9	142,0	124,6	107,9	117,0	112,4	116,4	127,3	118,6	117,7	112,2	92,9	83,2
Kernenergie	152,5	154,1	169,6	171,3	164,8	165,1	167,1	163,0	167,4	140,5	148,8	134,9	140,6	108,0	99,5	97,3	97,1	91,8	84,6	76,3	76,0
Erdgas	35,9	41,1	49,2	55,5	56,3	62,9	63,0	72,7	75,3	78,1	89,1	80,9	89,3	86,1	76,4	67,5	61,1	62,0	81,3	86,7	83,4
Mineralölprodukte	10,8	9,1	5,9	6,1	8,7	10,3	10,8	12,0	10,9	10,0	9,7	10,1	8,7	7,2	7,6	7,2	5,7	6,2	5,8	5,6	5,2
Erneuerbare darunter	19,7	25,1	37,9	38,9	46,1	46,2	57,4	63,5	72,6	89,4	94,3	96,0	105,5	123,8	143,5	152,5	162,5	188,6	189,9	216,2	226,4
- Windkraft onshore ²⁾	k.A.	1,5	9,5	10,5	15,8	19,2	26,1	27,9	31,4	40,5	41,4	39,5	38,9	49,7	51,7	52,0	57,0	72,2	67,9	87,9	92,2
- Windkraft offshore					0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,5	8,3	12,3	17,7	19,3
- Wasserkraft ³⁾	19,7	21,6	24,9	23,2	23,7	17,7	20,1	19,6	20,0	21,2	20,4	19,0	21,0	17,7	22,1	23,0	19,6	19,0	20,5	20,2	16,6
- Biomasse	k.A.	0,7	1,6	3,3	4,5	6,7	8,4	11,5	15,0	20,1	23,3	26,5	29,1	32,1	38,4	40,1	42,2	44,6	45,0	45,0	45,7
- Photovoltaik	k.A.	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,6	1,3	2,2	3,1	4,4	6,6	11,7	19,6	26,4	31,0	36,1	38,7	38,1	39,4	46,2
- Hausmüll ⁴⁾	k.A.	1,3	1,8	1,9	1,9	2,2	2,3	3,3	3,9	4,5	4,7	4,3	4,7	4,8	5,0	5,4	6,1	5,8	5,9	6,0	6,2
Übrige Energieträger ⁵⁾	19,3	17,7	22,6	21,4	18,2	20,2	21,1	23,8	25,2	26,3	24,5	21,2	26,6	25,4	25,5	26,2	27,0	27,3	27,3	27,5	27,0
Bruttoerzeugung insgesamt	549,9	536,8	576,6	586,4	586,7	609,3	618,0	623,2	640,3	641,4	641,5	596,5	633,6	612,9	629,7	638,9	627,8	648,1	650,7	653,6	646,8
Stromflüsse aus dem Ausland	31,9	39,7	45,1	43,5	46,2	45,8	44,2	53,4	46,1	44,3	40,2	40,6	42,2	49,7	44,2	38,4	38,9	33,6	27,0	28,4	31,5
Stromflüsse in das Ausland	31,1	34,9	42,1	44,8	45,5	53,8	51,5	61,9	65,9	63,4	62,7	54,9	59,9	56,0	67,3	72,2	74,5	85,4	80,7	83,4	82,7
Stromtauschsaldo Ausland	+0,8	+4,8	+3,1	-1,3	+0,7	-8,1	-7,3	-8,5	-19,8	-19,1	-22,5	-14,3	-17,7	-6,3	-23,1	-33,8	-35,6	-51,8	-53,7	-55,0	-51,2
Brutto-Inlandsstromverbrauch ⁶⁾	550,7	541,6	579,6	585,1	587,4	601,2	610,7	614,7	620,5	622,2	619,0	582,2	615,9	606,6	606,6	605,1	592,2	596,3	597,0	598,7	595,6
Veränderung gegenüber Vorjahr in %	X	+2,0	X	+1,0	+0,4	+2,4	+1,6	+0,7	+0,9	+0,3	-0,5	-6,0	+5,8	-1,5	0,0	-0,3	-2,1	+0,7	+0,1	+0,3	-0,5
Struktur der Bruttoerzeugung in %																					
Braunkohle	31,1	26,6	25,7	26,4	26,9	26,0	25,6	24,7	23,6	24,2	23,5	24,4	23,0	24,5	25,5	25,2	24,8	23,8	23,0	22,7	22,5
Steinkohle	25,6	27,4	24,8	23,6	22,9	24,0	22,8	21,5	22,1	22,1	19,4	18,1	18,5	18,3	18,5	19,9	18,9	18,2	17,2	14,2	12,9
Kernenergie	27,7	28,7	29,5	29,3	28,1	27,1	27,0	26,2	26,1	21,9	23,2	22,6	22,2	17,6	15,8	15,2	15,5	14,2	13,0	11,7	11,8
Erdgas	6,5	7,7	8,5	9,5	9,6	10,3	10,2	11,7	11,8	12,2	13,9	13,6	14,1	14,0	12,1	10,6	9,7	9,6	12,5	13,3	12,9
Mineralölprodukte	2,0	1,7	1,0	1,0	1,5	1,7	1,7	1,9	1,7	1,6	1,5	1,7	1,4	1,2	1,2	1,1	0,9	1,0	0,9	0,9	0,8
Erneuerbare darunter	3,6	4,7	6,6	6,6	7,9	7,6	9,3	10,2	11,3	13,9	14,7	16,1	16,7	20,2	22,8	23,9	25,9	29,1	29,2	33,1	35,0
- Windkraft onshore	k.A.	0,3	1,6	1,8	2,7	3,2	4,2	4,5	4,9	6,3	6,5	6,6	6,1	8,1	8,2	8,1	9,1	11,1	10,4	13,4	14,3
- Windkraft offshore																0,1	0,2	1,3	1,9	2,7	3,0
- Wasserkraft ²⁾	3,6	4,0	4,3	4,0	4,0	2,9	3,3	3,1	3,1	3,3	3,2	3,2	3,3	2,9	3,5	3,6	3,1	2,9	3,2	3,1	2,6
- Biomasse	k.A.	0,1	0,3	0,6	0,8	1,1	1,4	1,8	2,3	3,1	3,6	4,4	4,6	5,2	6,1	6,3	6,7	6,9	6,9	6,9	7,1
- Photovoltaik	k.A.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,1	1,8	3,2	4,2	4,9	5,8	6,0	5,9	6,0	7,1
- Hausmüll ⁴⁾	k.A.	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	1,0	0,9	0,9	0,9	1,0
Übrige Energieträger ⁵⁾	3,5	3,2	3,9	3,6	3,1	3,3	3,4	3,8	4,0	4,1	3,8	3,5	4,1	4,2	4,1	4,1	4,3	4,1	4,2	4,1	4,1
Bruttoerzeugung insgesamt	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Stand: 06.03.2019

Abweichungen in den Summen durch Rundungen

¹⁾ Vorläufige Angaben, z.T. geschätzt. - ²⁾ Rückwirkende Korrektur Windstromerzeugung onshore unter Einbeziehung des erzeugten Eigenverbrauchs ab 2003. - ³⁾ Strom aus Lauf- und Speicherwasserkraftwerken sowie aus natürlichem Zufluss in Pumpspeicherwerke. - ⁴⁾ Strom aus biogenem Anteil des Hausmülls (50%). - ⁵⁾ Strom aus nicht-biogenem Anteil des Hausmülls (50%), Pumpspeicherwerken ohne natürlichen Zulauf, sonstigen Gasen, Industrieabfall, sonstigen Energieträgern (nicht weiter differenzierbar). - ⁶⁾ Einschließlich Netzverluste und Eigenverbrauch.

Quellen: Statistisches Bundesamt; Bundesministerium für Wirtschaft und Energie; BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.; Statistik der Kohlenwirtschaft e.V.; Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW); AG Energiebilanzen e.V.

2. „smart grid“ Lernaufgaben online

Die folgenden Aufgaben können online bearbeitet werden. Auch diese Aufgabensammlung soll den Lerner herausfordern, sich ein Überblickswissen zu dem Themenfeld anzueignen.

Die Antwortangebote werden im Plenum besprochen und gesichert. Antwortvorschläge bietet die Version für die Lehrkraft an.

Smart grid Lernaufgaben online Quiz mit <https://forms.office.com/>

Lernenden Ansicht:

Smart Grids Grundlagen

Hallo Dara, wenn Sie dieses Formular senden, kann der Besitzer Ihren Namen und die E-Mail-Adresse sehen.

1 Was wird als Smart Grid bezeichnet? (3 Punkte)

Ihre Antwort eingeben

2 Beschreiben Sie die Akteure, die in einem Smart Grid kommunizieren: (4 Punkte)

Ihre Antwort eingeben

Lehrenden Ansicht:

3  <https://www.smartgrid.at/vis/komplettbilder>

Definieren Sie die Akteure des Smart Grid in dieser Funktionsdarstellung
(Nicht anonyme Frage) (4 Punkte)

↑ Datei hochladen

Limit für Dateianzahl: 4 Größenlimit für eine einzelne Datei: 10MB Zulässige Dateitypen: Word,Excel,PPT,PDF,Bild,Video,Audio

4 Welche Ziele werden durch Smart Grids Lösungen verfolgt?
(4 Punkte)

Ihre Antwort eingeben

Smart Grids Grundlagen (41 Punkte)

1

Was wird als Smart Grid bezeichnet?
(3 Punkte)

Der Wert muss eine Zahl sein.

Richtige Antworten: Smart Grids sind intelligente Energienetze, in denen alle Akteure des Energiesystems über ein Kommunikationsnetzwerk miteinander verbunden interagieren.

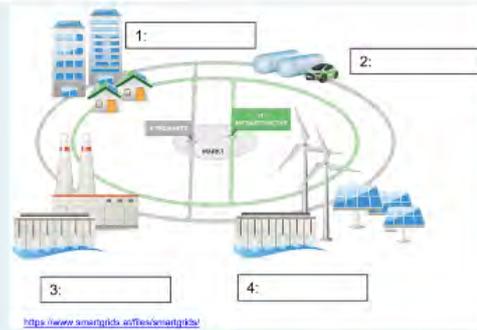
2

Beschreiben Sie die Akteure, die in einem Smart Grid kommunizieren:
(4 Punkte)

Ihre Antwort eingeben

Richtige Antworten: - Netzkomponenten, - Erzeuger, - Speicher, - Verbraucher

3



Definieren Sie die Akteure des Smart Grid in dieser Funktionsdarstellung (4 Punkte)

↑ Datei hochladen

Limit für Dateianzahl: 4 Größelimit für eine einzelne Datei: 10MB Zulässige Dateitypen: Word,Excel,PPT,PDF,Bild,Video,Audio

4

Welche Ziele werden durch Smart Grids Lösungen verfolgt?
(4 Punkte)

Ihre Antwort eingeben

Richtige Antworten: - Bestmögliche Integration erneuerbarer Energieträger und dezentraler Erzeugung, - Steigerung der Effizienz im Energiesystem und Optimierung der Infrastruktur, - Flexibilisierung der Nachfrage, - Integration neuer Technologien

Fragen

Antworten

5

Welche neuen Technologien werden mit Smart Grids gefördert?
(4 Punkte)

Ihre Antwort eingeben

Richtige Antworten: - PV Foto Voltaik, - Energiespeicher, - Elektromobilität, - Wärmepumpen

6

Wo existieren bereits kommunikative Anbindungen in Stromnetzen?
(2 Punkte)

Ihre Antwort eingeben

Richtige Antworten: - Bei Managementsystemen von Stromübertragungsnetzen, - Bei ferngelenkten Steuerungen von Kraftwerken

7

Welche Herausforderungen müssen gelöst werden um komplette Smart Grids zu bauen?
(4 Punkte)

Ihre Antwort eingeben

Richtige Antworten: - Technische Probleme, - Organisatorische Probleme, - Wirtschaftliche Probleme, - Rechtliche Probleme

8

Welche Vorteile haben Smart Grids?
(4 Punkte)

Ihre Antwort eingeben

Richtige Antworten: - Integration erneuerbarer Energien, - Dynamische Steuerung, - Netzoptimierung, - Kostenoptimierung

9

Wo befinden sich die fünf größten Smart Grids Testregionen in Österreich?
(5 Punkte)

Ihre Antwort eingeben

Richtige Antworten: - Vorarlberg Pionierregion, - Salzburg Modelregion, - Oberösterreich Pionierregion, - Graz Modelregion, - Wien Smart City Wien

10

Was soll in der Wiener Smart City Aspern gezeigt werden?
(2 Punkte)

Ihre Antwort eingeben

Richtige Antworten: Gezeigt werden soll, wie Gebäude selbst produzierten Strom, den sie nicht benötigen, dem Niederspannungsnetz zur Stabilisierung zur Verfügung stellen können oder am Strommarkt gewinnbringend verkaufen können („Gebäude als Anbieter von Flexibilität“)

11

Welche Daten werden mit Hilfe von Smart Metern und Sensoren bei diesem Projekt aufgezeichnet?
(3 Punkte)

Ihre Antwort eingeben

Richtige Antworten: - Stromverbrauch, - Zimmertemperatur, - Raumluftqualität

12

Zu welchem Zweck werden die Daten von Smart Metern und Sensoren bei diesem Projekt aufgezeichnet?
(2 Punkte)

Ihre Antwort eingeben

Richtige Antworten: - Verbrauchsverhalten verbessern, - Dynamische Tarifmodelle entwickeln

+ Neue Frage hinzufügen

3. Simulationsprogramm „smart grid“

Mit dem Simulationsprogramm wird Fortgeschrittenen-Wissen aufgebaut, um die Energiebilanzen im Stromnetz zu verstehen.

Im Überblickfenster wird das Netz mit Strombezügen bzw. Stromlieferungen dargestellt. Einzelne Bubbles (Darmstadt, Bozen, Sokolnice, Wien, Bregenz) können dabei mit aktuellen Werten oder mit Simulationswerten arbeiten. Die Bubbles können automatisch oder händisch weggeschaltet werden.

Unterschiedliche Fragestellungen wie „Was würde mit dem Netz passieren, wenn Bregenz vom Netz geht? Wie würde diese Veränderung im Netz kompensiert? Kommt es zu einem kritischen Zustand?“ können beantwortet und reflektiert werden.

Das Programm kann über die Projektwebseite bezogen werden:
www.erasmusplus-project.eu

EU-Projekt – Erasmus Plus – Smart Grid 2019/20

Darmstadt, Bozen, Sokolnice, Wien, Bregenz

Projektidee:

Demosoftware mit länderübergreifendem Messdatenaustausch

Netzsimulation

Im Überblickfenster wird das Netz mit Strombezügen bzw. Stromlieferungen dargestellt. Einzelne Bubbles (Darmstadt, Bozen, Sokolnice, Wien, Bregenz) können dabei mit aktuellen Werten oder mit Simulationswerten arbeiten. Die Bubbles können automatisch oder händisch weggeschaltet werden. Fragestellung wie „Was würde mit dem Netz passieren, wenn Bregenz vom Netz geht? Wie würde diese Veränderung im Netz kompensiert? Kommt es zu einem kritischen Zustand?“ können beantwortet und danach kontrolliert werden.

Bild A

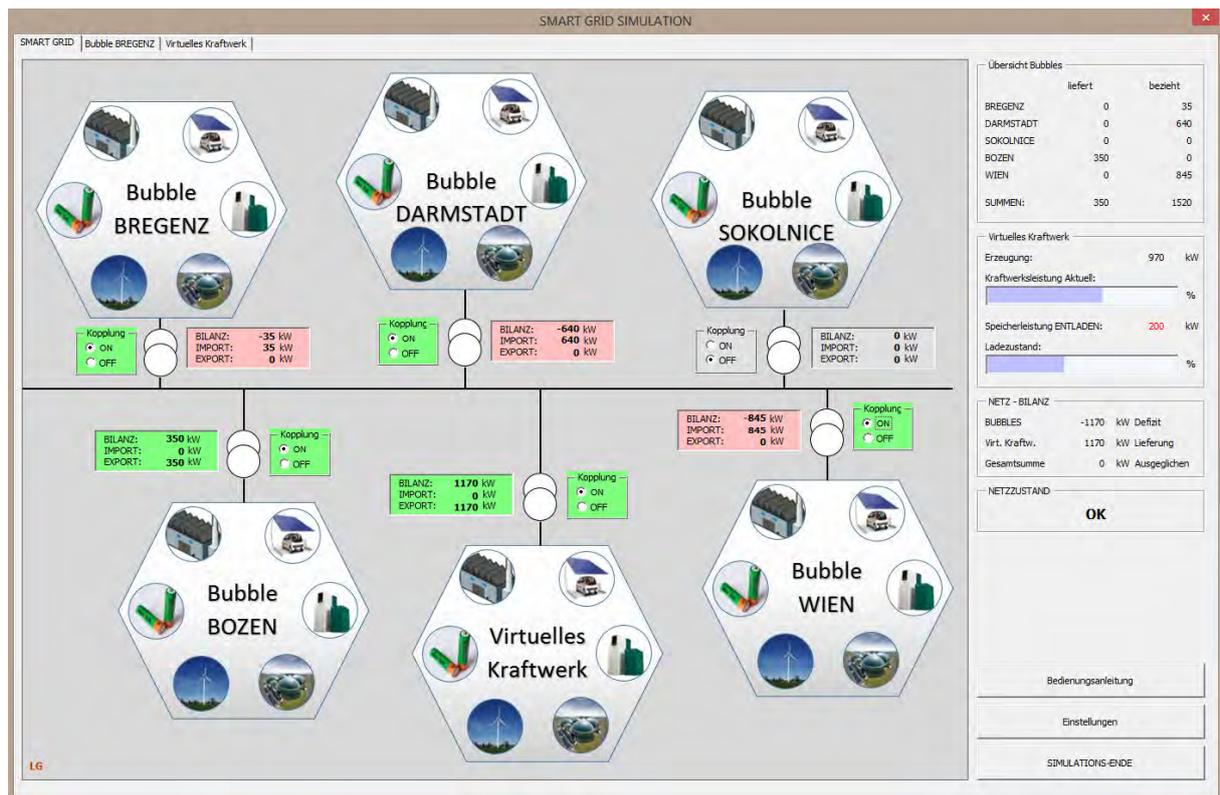
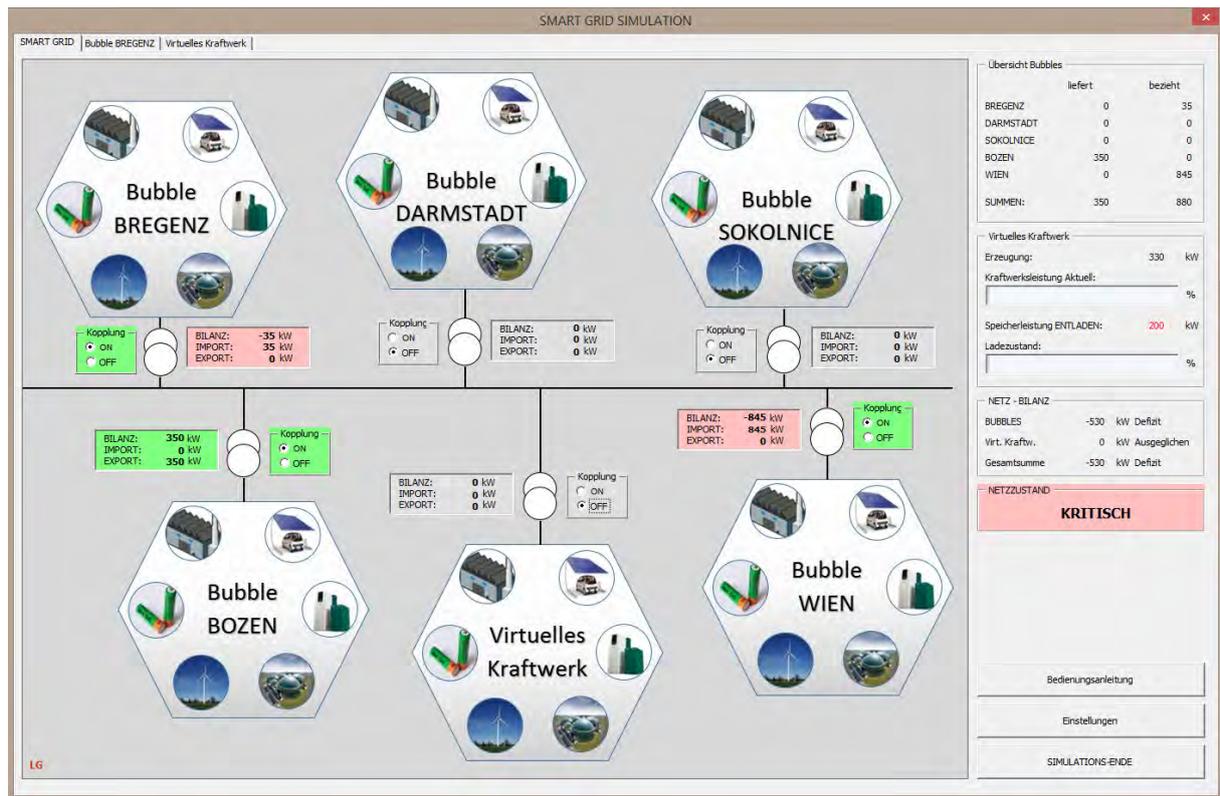


Bild B



Bubblesimulation

Jedes Bubble (Darmstadt, Bozen, Sokolnice, Wien, Bregenz) kann als eigenständiges System (ZB entsprechend den Möglichkeiten in den Labors der Schulen) simuliert werden. Stromlieferungen bzw. Strombezüge die sich aus der Simulation ergeben werden ins Gesamtnetz übertragen. Auch hier können Fragestellungen wie „Was passiert im System, wenn die Batterien vollständig geladen sind und das gesamte Bubble vom Netz getrennt wird?“ diskutiert und beantwortet werden. Die Überlegungen können danach durch die Simulation überprüft werden. Die Messung der Stromerzeugung, der Ladevorgänge und des Stromverbrauches können gemessen und in der Simulation dargestellt werden.

Bild C

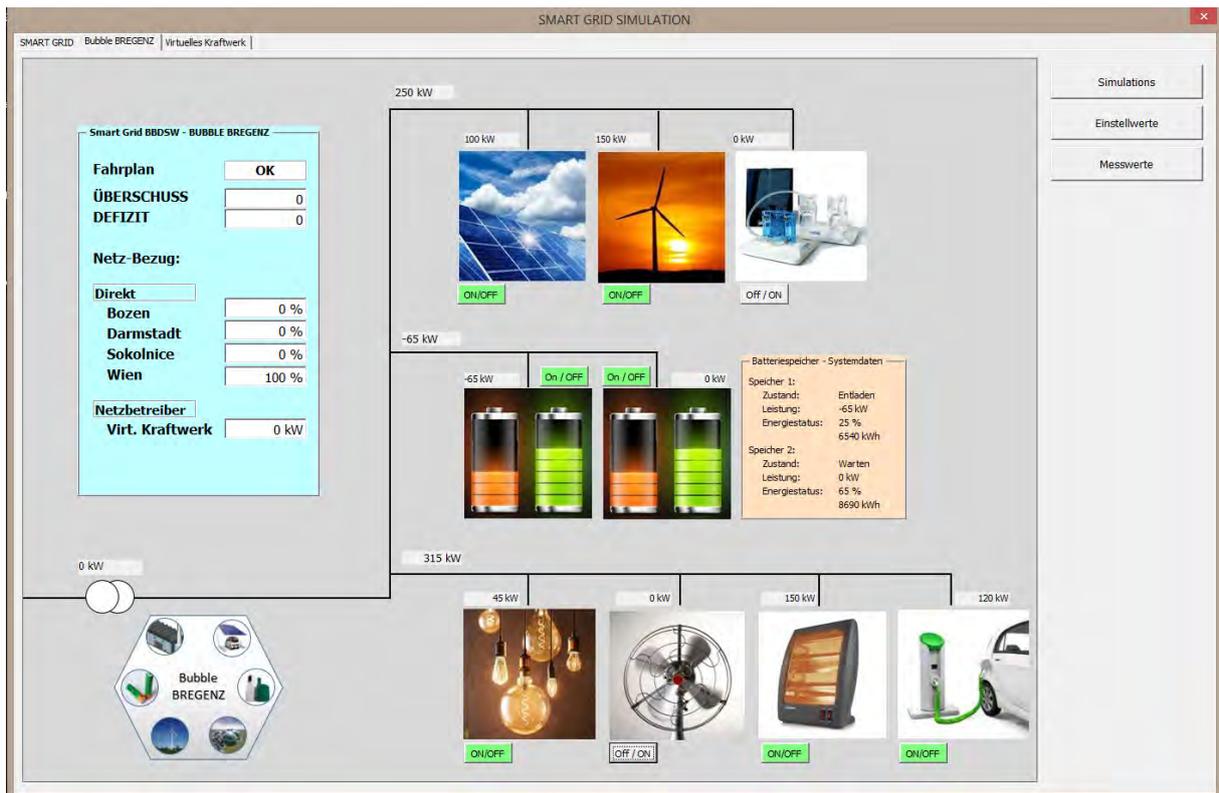
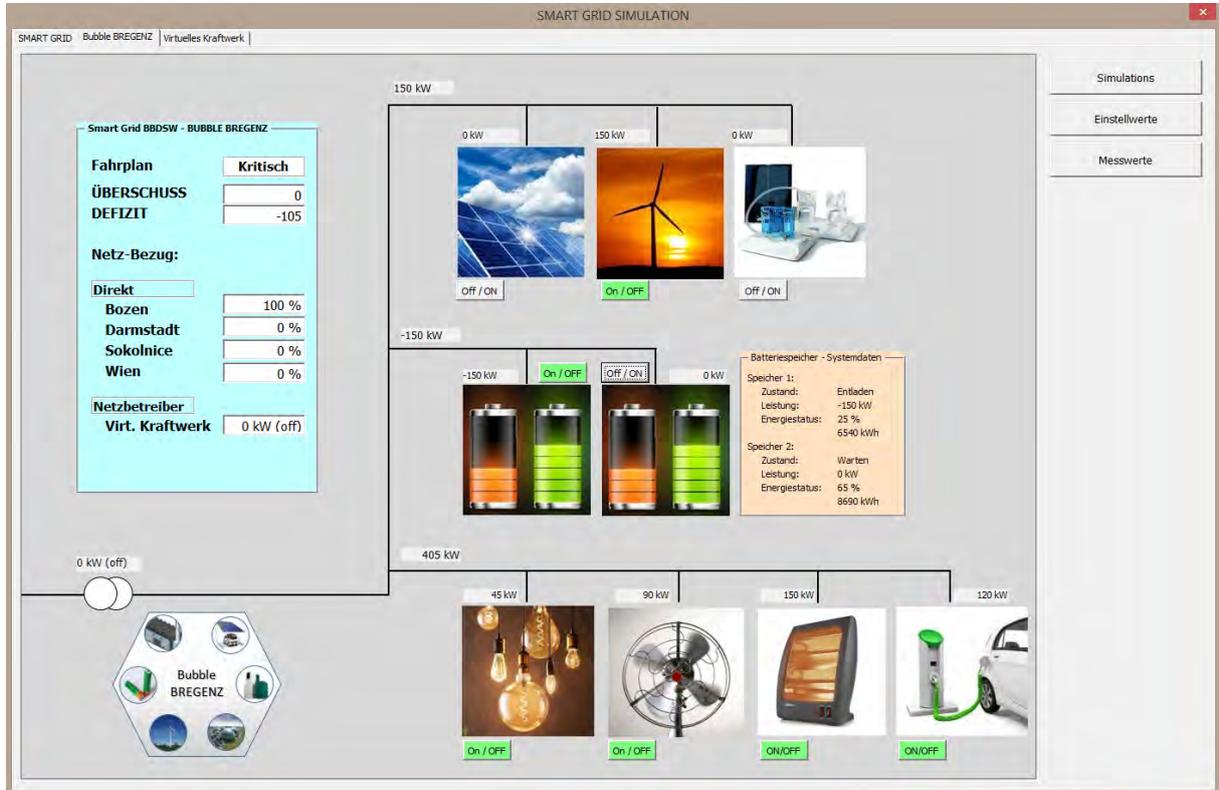
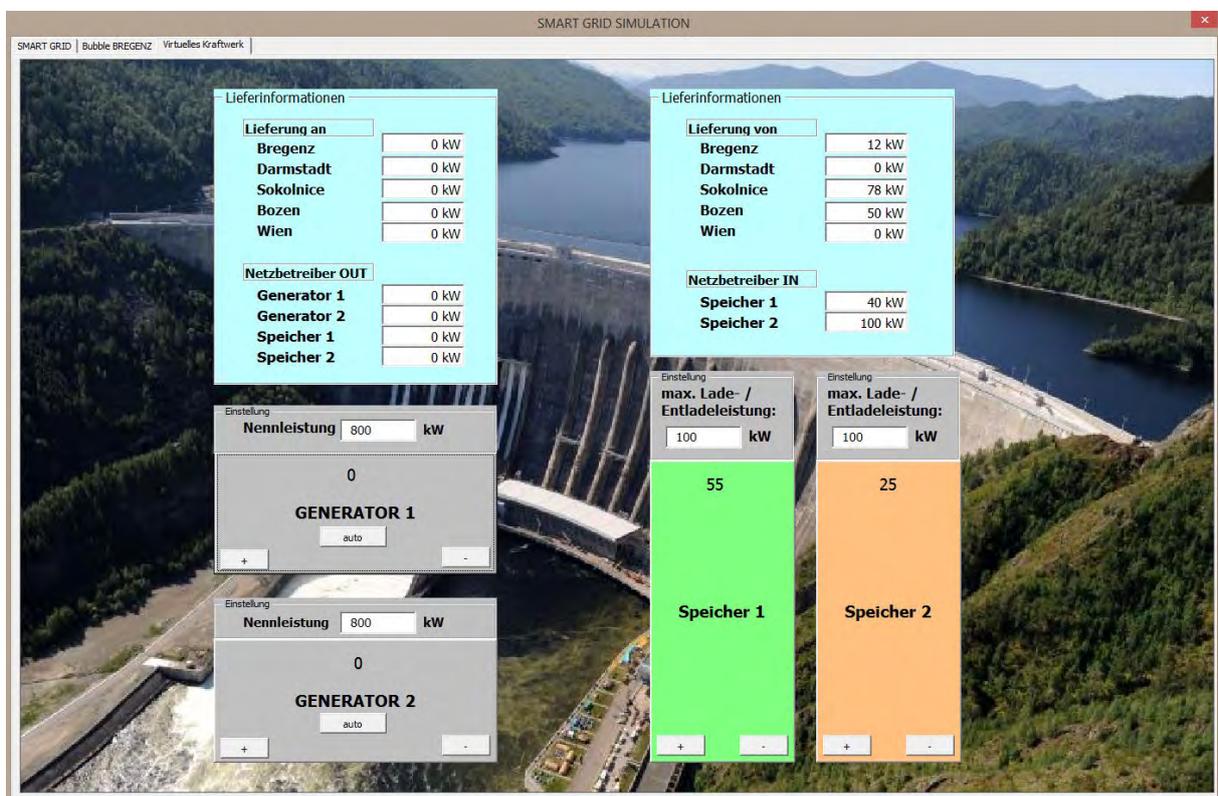
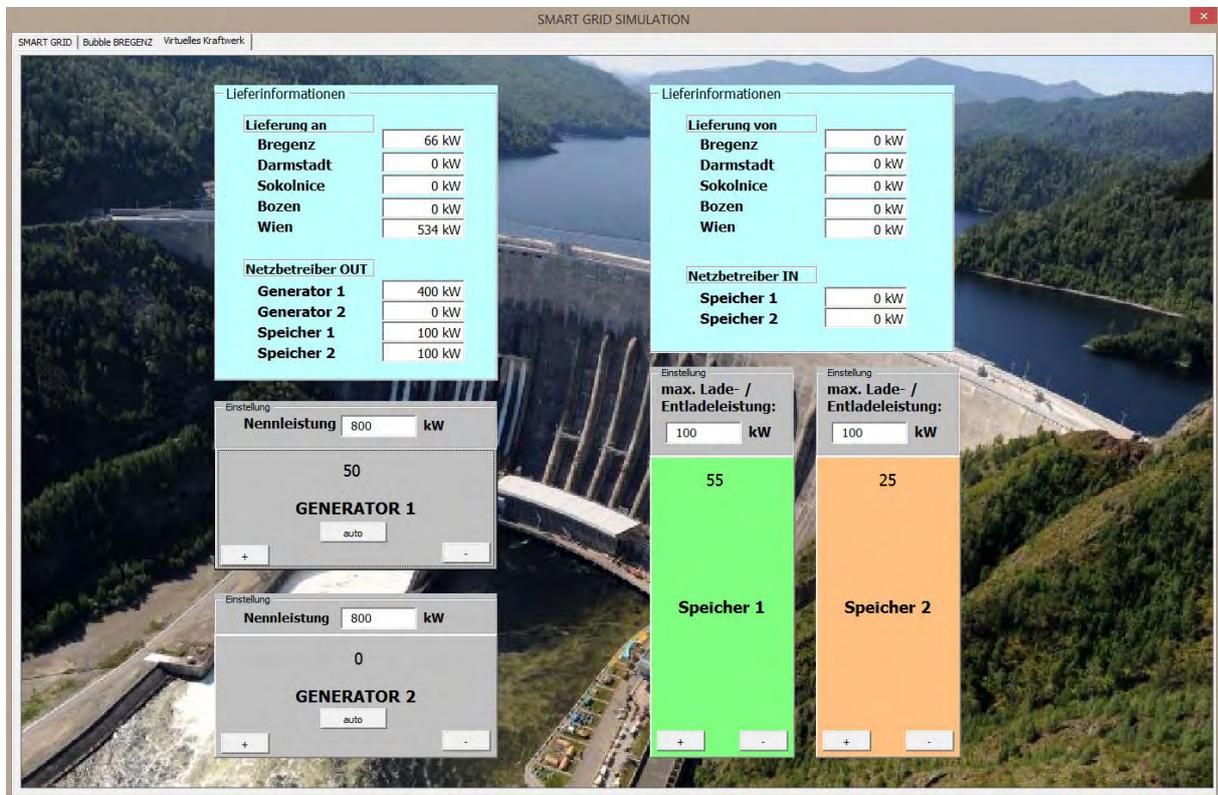


Bild D



Virtuelles Kraftwerk

Als Regulator kann ein virtuelles Kraftwerk verwendet werden. Parameter wie Generatorenleistung oder Speicherkapazitäten können eingestellt werden. Das Bild gibt einen Überblick über die Stromerzeugung bzw. Stromspeicherung im virtuellen Kraftwerk.



4. Basisinformationen zum Thema Energiezähler

Künftig werden die reinen Stromkonsumenten immer mehr abnehmen. Der Konsument wird auch zum Produzent, wenn er beispielsweise eine private Photovoltaikanlage in Betrieb nimmt. Der Stromkunde wird zum Prosumer und damit stellen sich auch neue Anforderungen an den Energiezähler. Der folgende Beitrag beschreibt den Stand der Technik in der Tschechischen Republik.

Smart Metering

Basisinformationen zum Thema Elektrozähler

Intelligente Verbrauchsmessung (Smart Metering)

Die Motivation für die Einführung von SG ist die Verbindung zwischen dem neuen Konzept der intelligenten Netze und den Rechtsvorschriften und Maßnahmen der EU. Smart Metering-Systeme sollen bis spätestens 2020 zu 80% der Entnahmestellen europaweit flächendeckend eingesetzt werden.

Ein normaler Stromzähler misst kontinuierlich den Stromverbrauch an der Versorgungsstelle und speichert die Daten in einem sogenannten Register. Das Register wird einmal jährlich von einem Vertriebsmitarbeiter gelesen, die Daten werden in das Kundensystem übertragen und die Rechnung wird entsprechend verarbeitet. Es können keine Daten über den Verlauf des Stromverbrauchs während des Tages oder der Woche abgerufen werden, und Kunden, die die Niedrignachfragekategorie verwenden, verwenden zum Zwecke der Netzplanung und -verwaltung statistische Methoden, die sogenannten Versorgungsdiagrammtypen. Dieser „blöde“ Gerätetyp kann jedoch nicht als ausreichend angesehen werden, um das SG-Konzept effektiv umzusetzen.

Vorteile der intelligenten Verbrauchsmessung gegenüber herkömmlichen Stromzählern

- Möglichkeit der Fernabnahme von der Versorgungsstelle
- Preistarifverwaltung
- Maximale Eingangsleistungseinstellung
- Den gebuchten Stromverbrauch minimieren (für problematische Entnahmestellen)
- Änderung der reservierten Kapazität
- Wir können die Kapazität des Netzwerks aus der Ferne reduzieren und so den bevorstehenden Ausfall des elektrischen Systems verhindern
- Betriebs und Geschäftsinformationen (Herunterfahren, Ratenänderung usw.) können an ein externes Display gesendet werden
- Zeichnet Angriffe wie mechanische Störungen im Stromzähler oder Magnetfelder auf

Defitionen

AMR - Automated Meter Reading ist das Basissystem, das als echte SG-Komponente betrachtet werden kann. Diese Technologie sendet Daten vom Kunden zur weiteren Verarbeitung an das Rechenzentrum. Es ist nur eine Echtzeit-Fernablesung, dh Einwegkommunikation und effektives Lesen.

AMM - Automated Meter Management gilt als ein moderner Nachfolger des AMR-Systems mit bidirektionaler Kommunikation. AMM kann bereits Informationen senden und empfangen. Dieses Messsystem eröffnet neue Möglichkeiten im Bereich der Messdaten und in der Verwaltung der Abnahmestelle. Es misst auch den Verbrauch kontinuierlich, speichert jedoch alle 15 Minuten Daten in seinem Speicher. Außerdem kann es die Versorgungsqualität auswerten und aufzeichnen, dh

Überspannung, Unterspannung, Abweichung von der gewünschten Frequenz und andere Werte. Die Abkürzung AMM in der Tschechischen Republik steht für intelligente Verbrauchsmessung.

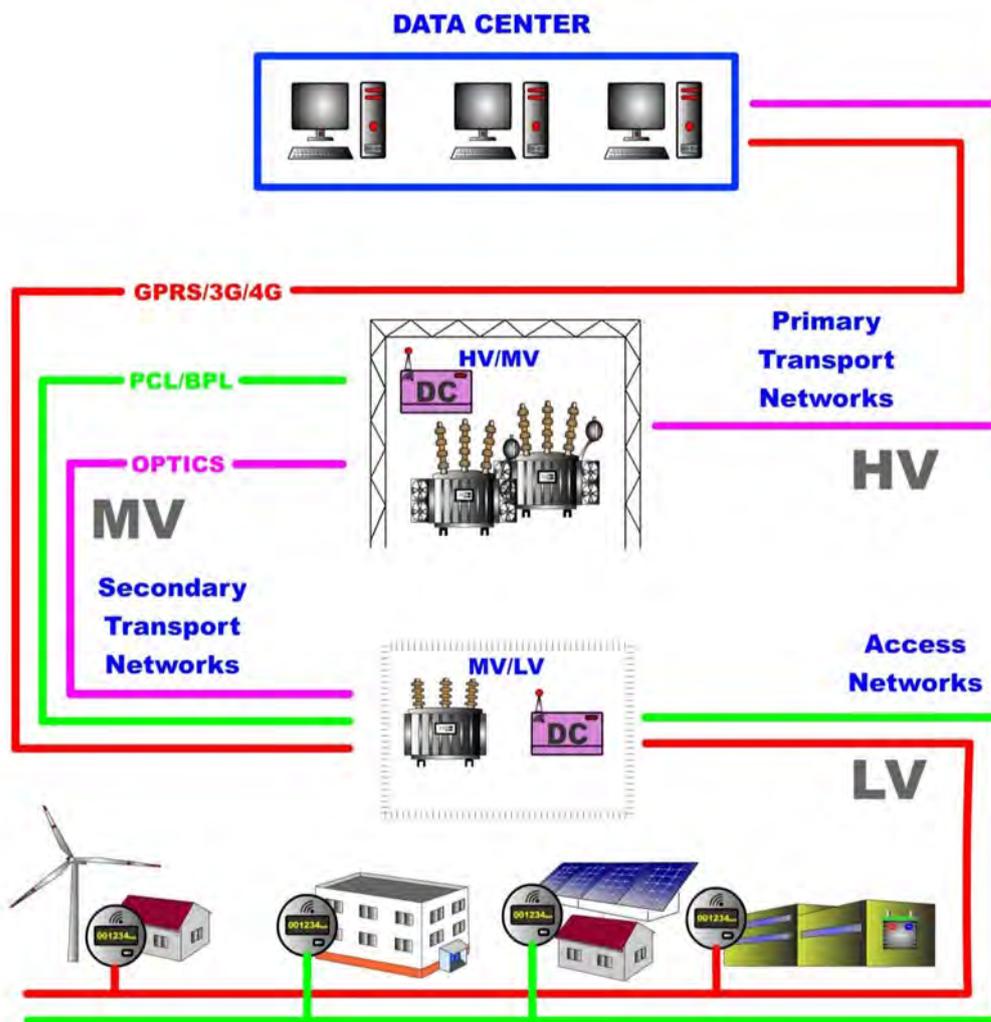
Die neueste Generation der intelligenten Verbrauchsmessung ist die AMI - Automated Metering Infrastructure. Eine Änderung gegenüber dem AMM-System betrifft die Steuerung einiger Geräte auf der Grundlage der Auswertung der empfangenen und gesendeten Daten. Gleichzeitig wird der Datenverkehr besser unterstützt, und dieses System legt mehr Wert darauf, die gesamte Infrastruktur vor Angriffen zu schützen.

Aufbau des Netzes

Von intelligenten Messgeräten wird in Zukunft eine Datenübertragung über PLC / BPL oder GPRS und andere Technologien erwartet.

Die Verwendung von SPS / BLP ist durch bestimmte Grenzwerte begrenzt. In Bezug auf die Anwendung kann unterschieden werden zwischen Innensystemen (In-Door) für die Verbindung innerhalb von Wohnungen und Häusern und Außensystemen (Out-Door) für die Verbindung von Standorten (z. B. Verbindung von intelligenten Zählern mit dem Umspannwerk).

Bei einer großen Anzahl von Stromzählern in einem bestimmten Gebiet ist es ratsam, die Datenerfassung hierarchisch zu lösen, indem zuerst Daten an Konzentratoren und dann an die Zentrale übertragen werden. Powerline-Kommunikation wird häufig verwendet, um Daten von Zählern zur Zentrale zu sammeln. Wenn ein Mobilfunknetz auf einer höheren Ebene verwendet wird, werden die Anzahl der Endgeräte und die Datenmenge erheblich reduziert



Schema der aktuellen AMM-Datenübertragung in der Tschechischen Republik

Komponenten

Der Grundbaustein der AMM-Technologie sind intelligente Messgeräte, die neben Messfunktionen auch Funktionen der Regelung und Funktionalität des Datenübertragungssystems kombinieren.

Datenzentrum

Der zentrale Ort eines intelligenten Messsystems sind ein oder mehrere Rechenzentren. Das Rechenzentrum ist eine leistungsstarke Sammlung großer Datenmengen, die in Echtzeit gelesen werden. Es dient zur Speicherung von Messwerten und als Datenquelle für andere angeschlossene Module. Behält vollständige historische Aufzeichnungen des bedienten Netzwerks bei. OM-Messwerte werden im Rechenzentrum verwaltet und verarbeitet, und die Datenvalidierung und -aggregation wird durchgeführt.

Konzentrator

Ein Element, das sich normalerweise in einer Verteilertransformatorstation befindet. Der Konzentrator sammelt kontinuierlich Daten von intelligenten Messgeräten, zeichnet deren Zeiten auf und leitet sie regelmäßig an das Rechenzentrum weiter. Abhängig von der Art und den Funktionen des Terminalelements kann der Konzentrator Befehle zum Ausschalten, Anzeigen einer Meldung auf dem Display und Einschalten der Stromkreise beim Kunden senden.

Intelligente Messvorrichtung

Ein intelligenter Zähler (Stromzähler) ist ein wichtiges Element für die direkte Kommunikation zwischen Energieversorger und Verbraucher.

Trennschalter

Das intelligente Messgerät ist mit einem Schaltelement ausgestattet, das eine vollständige Trennung des kundenseitigen Versorgungspunktes von der 230 / 400V-Spannung gewährleisten kann.

Begrenzer

AMM-Softwarefunktion, die den Pegel ausgewählter Größen überwacht, z. B. Spannung, Strom, Leistungsaufnahme, Leistungsfaktor usw.

Einsatzbereiche und Anwendungen

Zusammen mit der Installation zentraler Stromquellen zur Erzeugung von Elektrizität und Elektrogeräten wurde es notwendig, ein zuverlässiges System zu entwickeln, das die Übertragung von Elektrizität von der Quelle zu den Geräten sicherstellt. Mit der Weiterentwicklung ergab sich auch die Notwendigkeit einer schrittweisen Vereinheitlichung des Stromübertragungsnetzes - der sogenannten Netze. Der Stromverbrauch in Europa liegt bei ca. 5400 kWh pro Kopf.

Realisierte Projekte

Zukunftsvisionen

Der Aufbau intelligenter Netze hat zu einer weitgehenden Automatisierung verschiedener Spannungsebenen und zur Schaffung einer Kommunikationsinfrastruktur geführt. Smart Grids sind ein konzeptioneller Bestandteil der SMART-Technologie. Darüber hinaus ist die Umsetzung des Smart-Grids-Konzepts noch nicht eindeutig festgelegt (in den EU-Ländern gibt es im Energiesektor sehr unterschiedliche Bedingungen und einzelne Smart-Grids-Technologien werden in sehr unterschiedlichem Tempo eingesetzt). Allen ist klar, dass dies ohne gemeinsame Anstrengungen, die Entwicklung geeigneter Technologien und die Ausbildung in diesem Bereich nicht möglich sein wird.

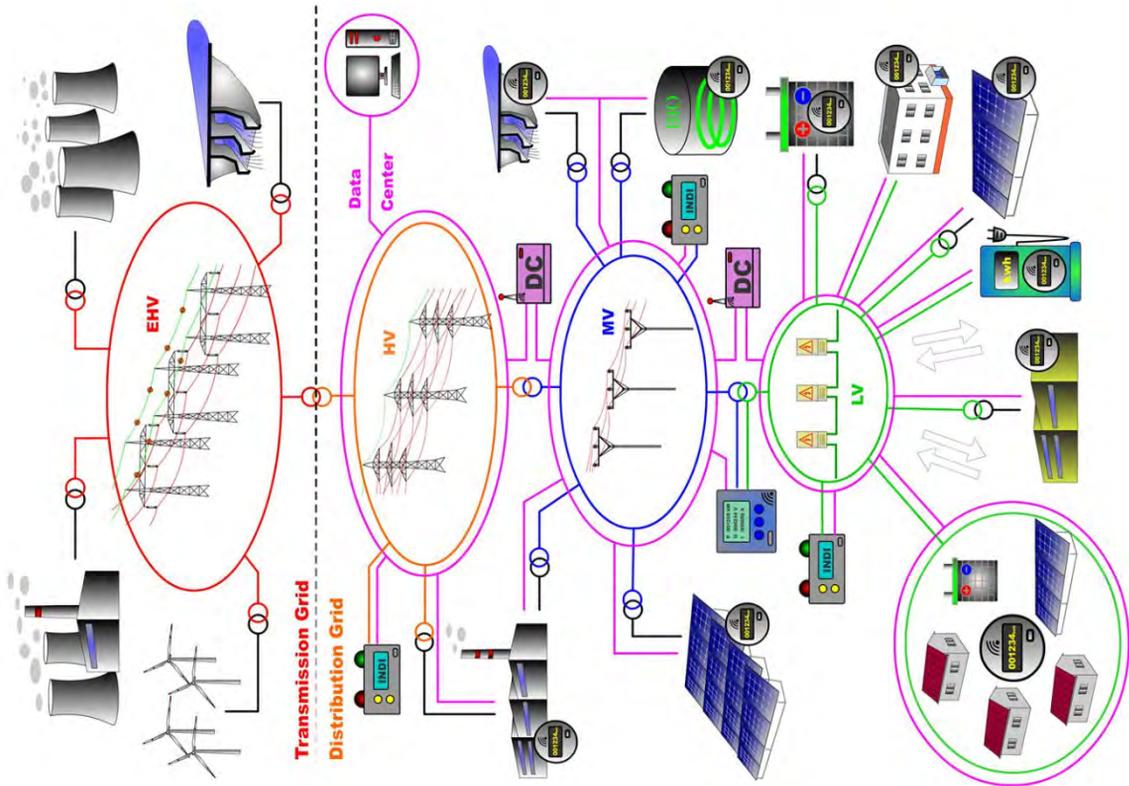
5. "smart meter" in der Tschechischen Republik (Vortrag)

Die nachfolgende ppt-Präsentation ergänzt die Darstellungen des Gliederungspunktes 4. Beispielhaft wird der Entwicklungsstand einer technischen Umsetzung in Europa dargestellt.



Smart Metering in der Tschechischen Republik

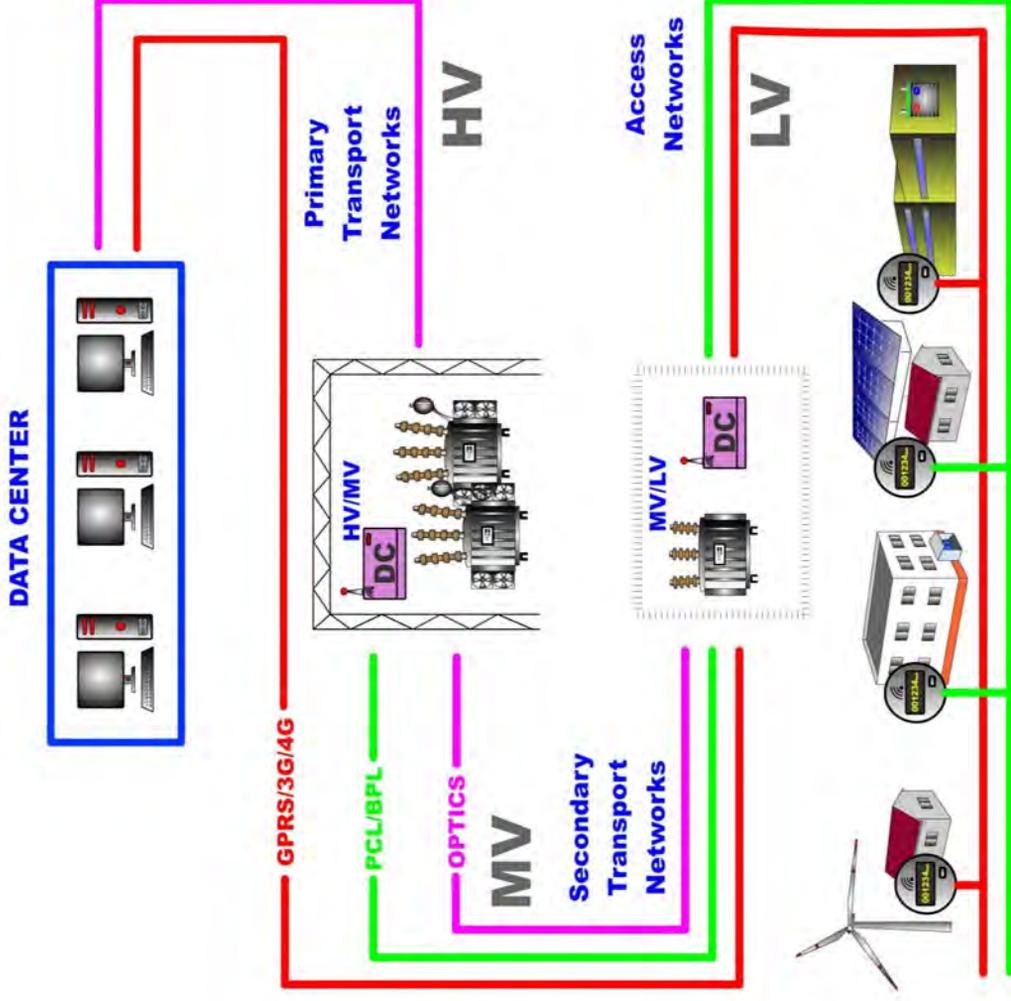
SMART GRID-ARCHITEKTUR



Smart Metering v ČR

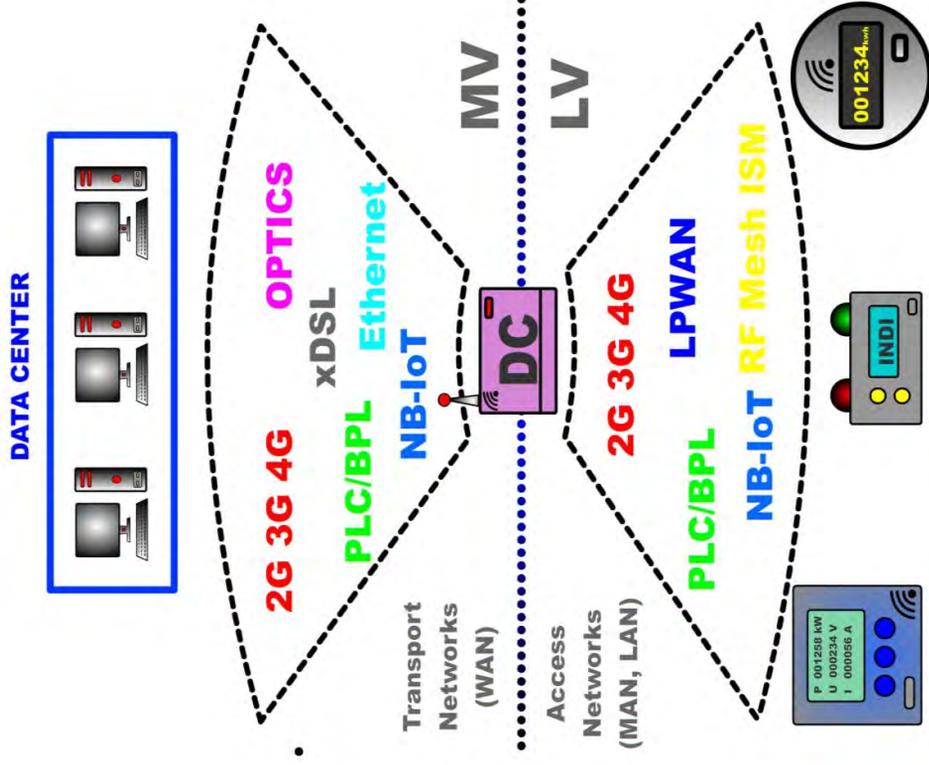
- 2020 - nationale Gesetzgebung
- 2023 - Durchführung von Ausschreibungen, Vorbereitung der Technologie
- 2023 - 2026 = 80% Verbrauchsdeckung (**heute 70% Deckung = A + B**)
- 100% Deckung 2026 - 2035

037



KOMMUNIKATIONSINFRASTRUKTUR

- Grundvoraussetzung ist das Vorhandensein einer Kommunikationsverbindung zum Backbone-Kommunikationssystem des Verteilungssystems.
- Die Kommunikationsinfrastruktur ist in WAN-, MAN- und LAN-Netzwerksegmente unterteilt. In der Folge entsprechen auch die für Kommunikation und Datenübertragung verwendeten Technologien diesen Segmenten.



Kategorisierung der Kunden gemäß Dekret Nr. 541/2005 Slg.

- Zur Organisation des Strommarktes werden Kunden in folgende Kategorien unterteilt:
- A - Kunde mit einer Spannung von Phase zu Phase von mehr als 52 kV
- B - Kunde mit einer Spannung von Phase zu Phase von 1 kV bis 52 kV
- C - Nicht-A-, B- und D-Abonnent
- D - der Kunde, dessen Versorgungsstelle an ein Verteilernetz mit einer Phase-Phase-Spannung von bis zu einschließlich 1 kV (nn) angeschlossen ist und die Strom bezieht, um ihren persönlichen Wohnbedarf oder den persönlichen Bedarf ihrer Haushaltsmitglieder zu decken; Eine natürliche oder juristische Person im Rahmen des Stromverbrauchs gilt als Kunde nur für die Zwecke der Verwaltung und des Betriebs gemeinsamer Teile des Hauses, die nur zur gemeinsamen Nutzung durch Eigentümer oder Nutzer von Wohnungen dienen.



Verteilung von Elektrometern

Analog - mechanisch (induktiv)

Elektronisch

- zahl
- Bildschirm

Nach Anzahl der Phasen:

- Einphasig
- Dreiphasig

Nach Rate:

- Ein Tarif
- zweileitige



Verteilung von Elektrometern

Nach aktueller Stromgröße:

- Zur **direkten Messung** - der gemessene Strom- und Spannungsfluss direkt durch das Messgerät (verwendet für LV-Messungen bis 80 A)

041

Bei **halbdirekter Messung** - Die Spannung wird direkt vom Messgerät gemessen, der Strom wird jedoch über Strommesswandler gemessen (wird für Niederspannungsmessungen über 80 A verwendet).

- Zur **indirekten Messung** - Spannung und Strom werden über Messwandler gemessen (für HV- und HV-Messungen verwendet)



Zählerzentralen

- Kunststoffzählerschrank für zweiseitige Direktmessung

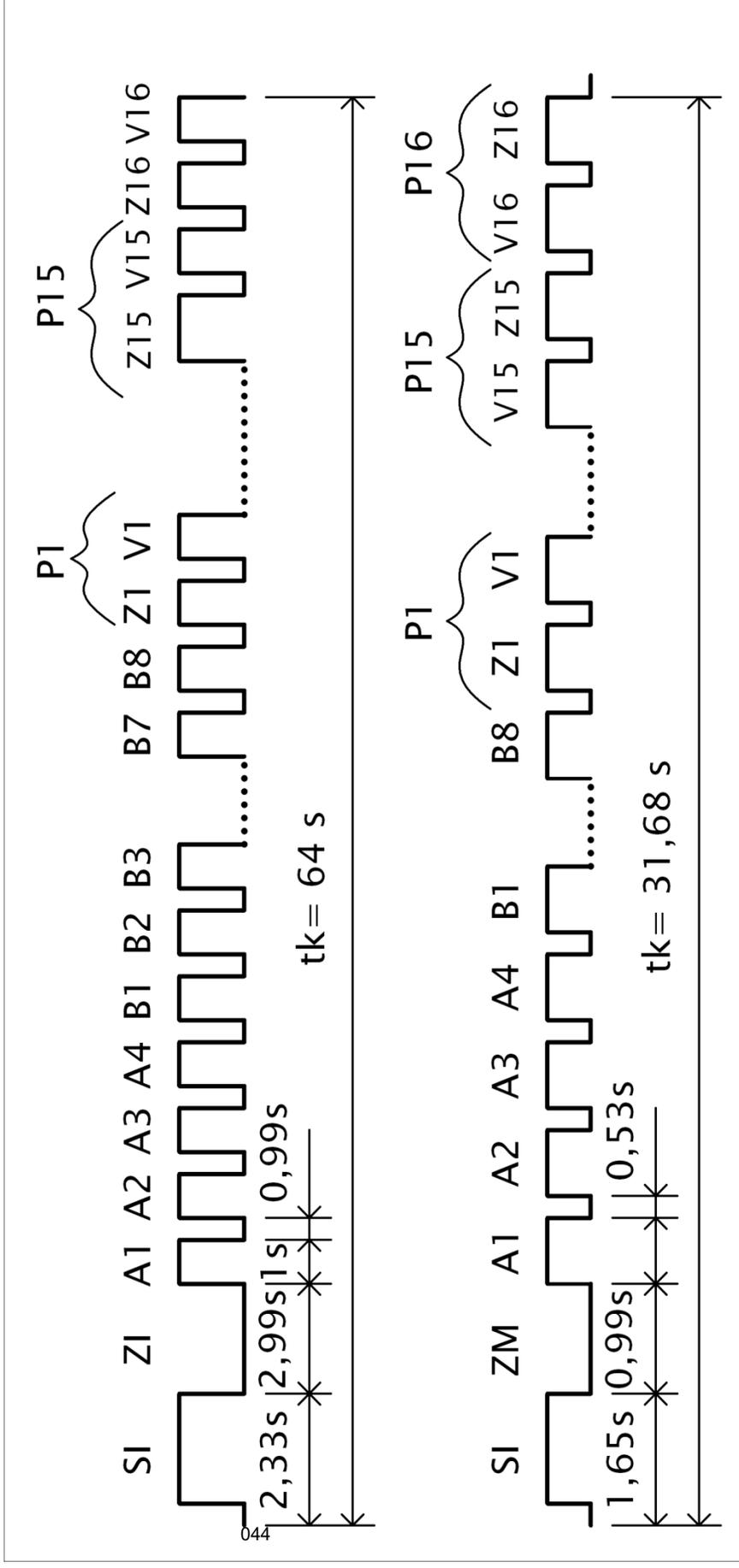


Der Stromzähler befindet sich immer im Besitz des Eigentümers der Versorgungsstelle. Die Anschlussbedingungen spezifizieren die Vertriebsgesellschaft und sind eine Reihe von Anforderungen, Diagrammen und anderen Bedingungen für die Ausführung, Platzierung und den Anschluss von Messkits und Schalttafeln bei den Kunden, die aus dem Vertriebsnetz angeschlossen sind.

HDO – Massenfernbedienung



- Broadcast-Farbtonsignal HDO



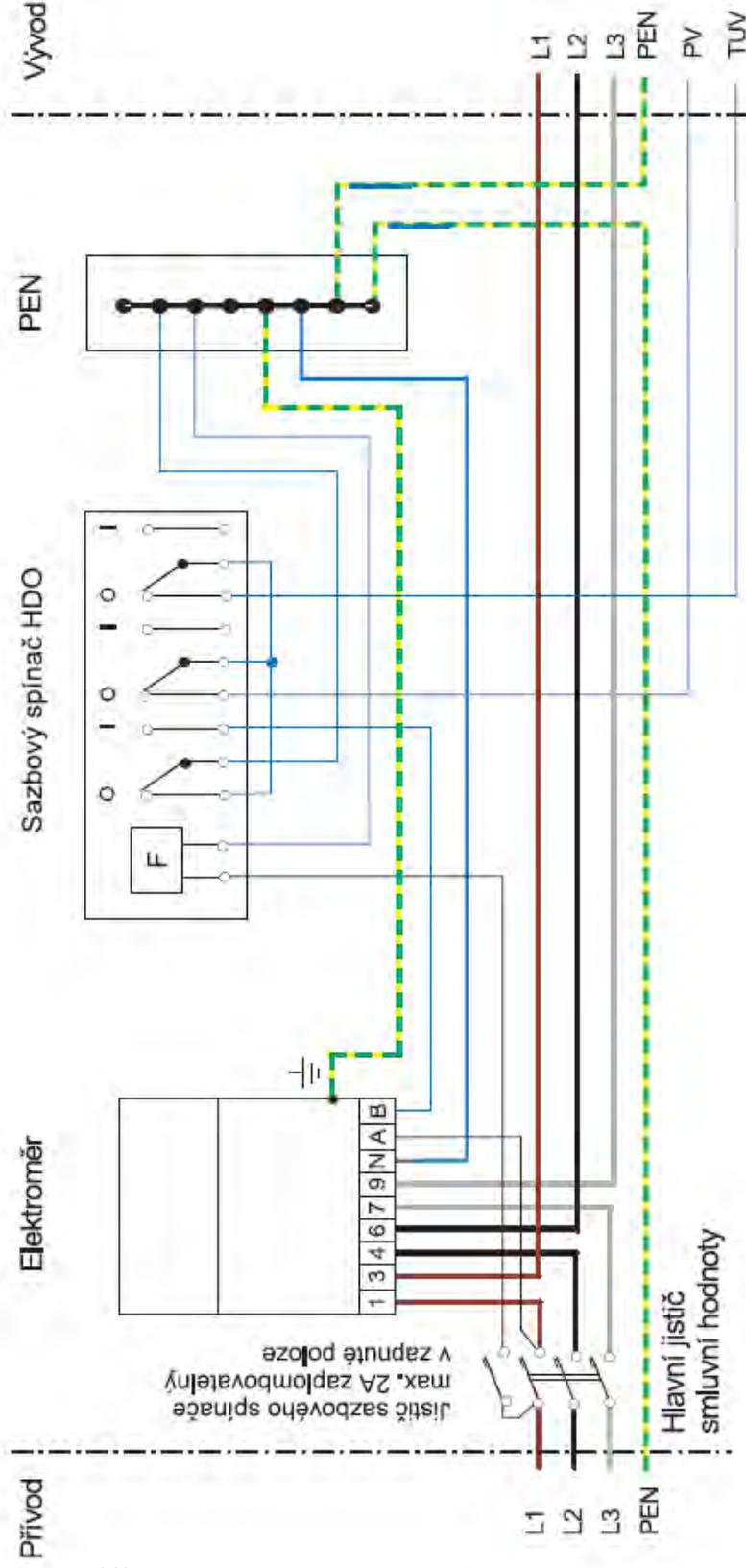
Schaltanlage zur indirekten Messung

- ohne Stromzähler
NR 111 / NVD 7
(ESTA)



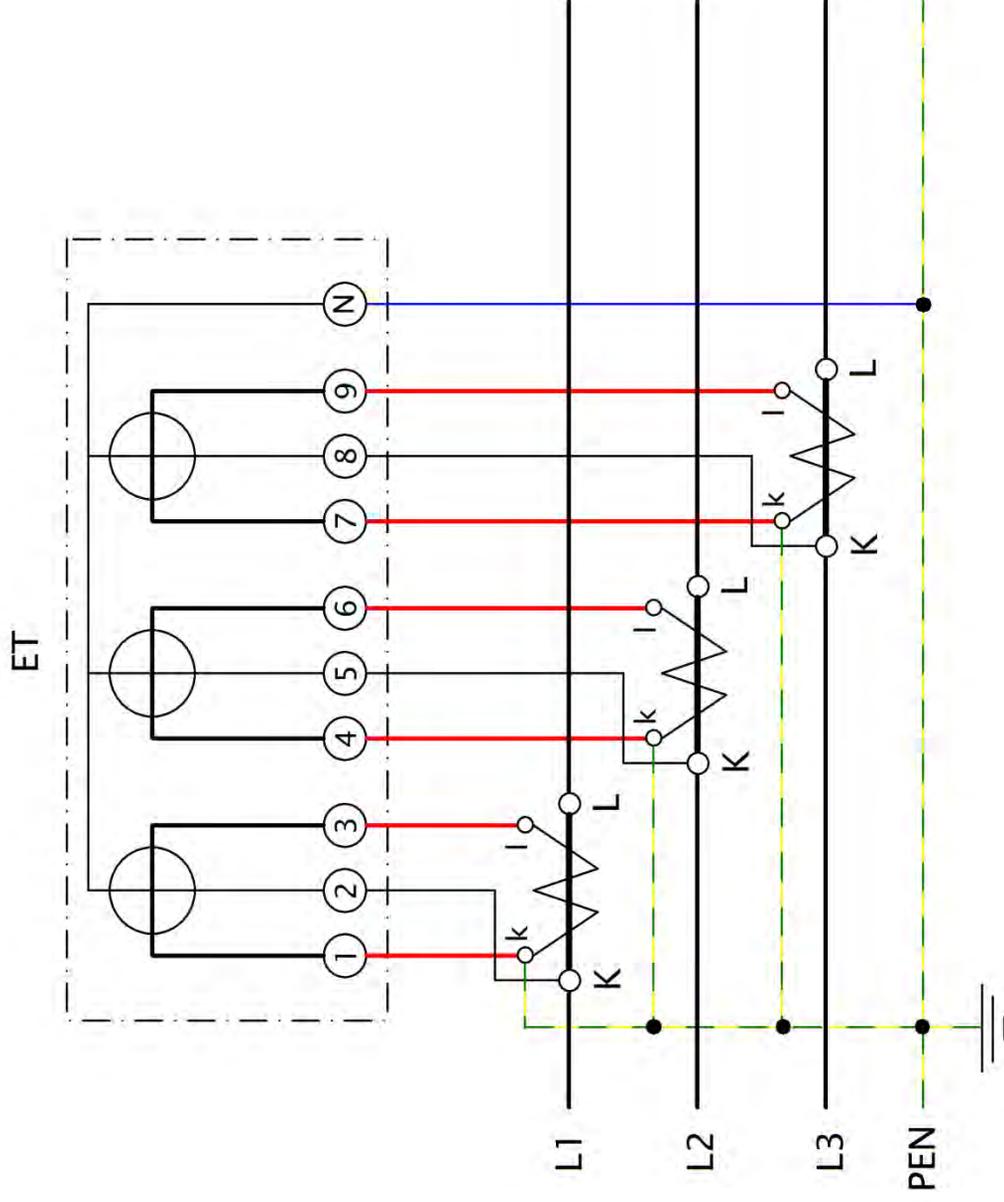
Schema

- Messanschluss mit dreiphasigem Zweistufenzähler und dreikanaligem HDO-Empfänger für PV-Sperr- und Trinkwasserwärmer
- Anforderungen an den Standort, die Ausführung und die Einbindung von Messkits für verbundene Kunden im Niederspannungsnetz - E.ON Distribuce, a.s.



Schema

- Drehstromzähleranschluss für indirekte Messung



Schema

- Schaltplan für indirekte Drehstrommessung

über 80 A

dreiphasig

Stromzähler

Ratenschalter a

ZPA-Klemmenblock

Platzierungsvoraussetzungen

Design und Verkabelung

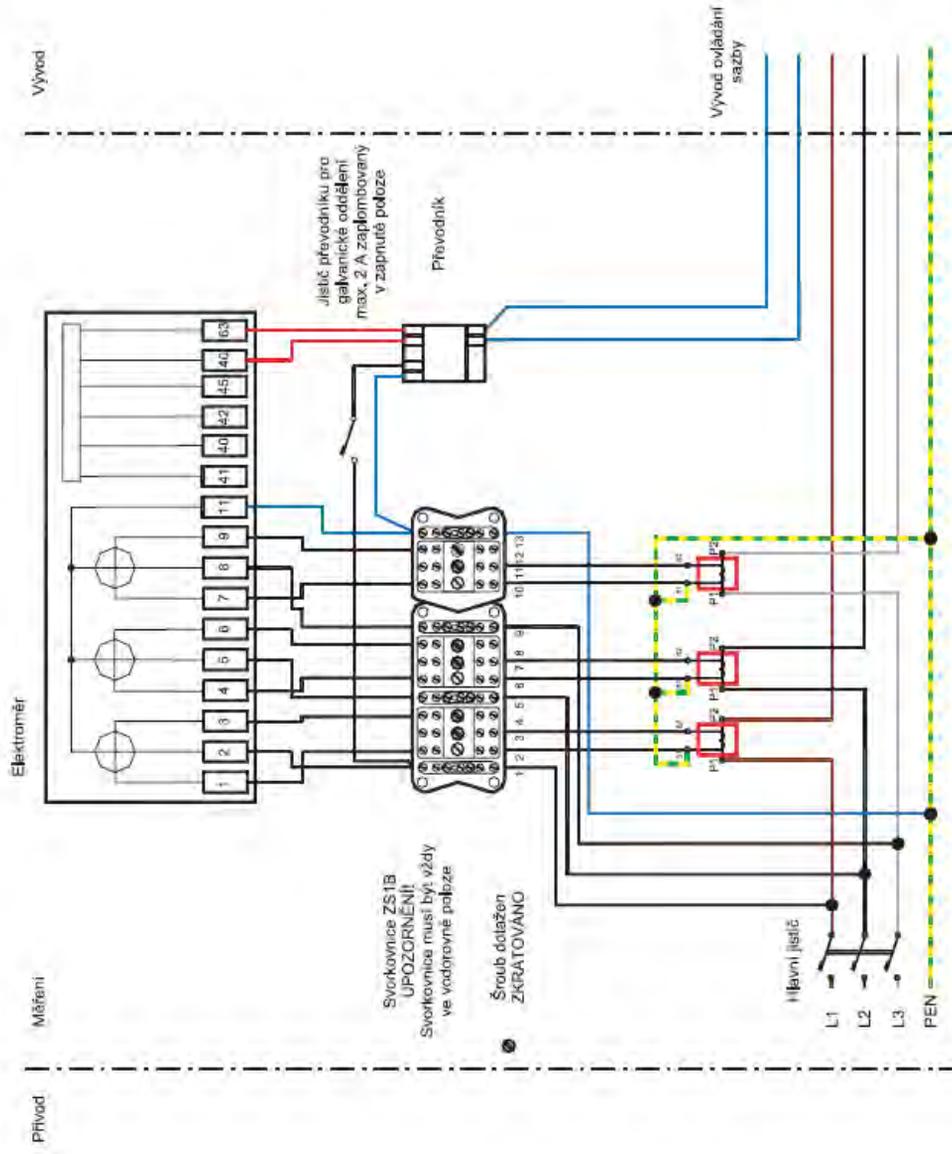
Messkits für Kunden

an das Stromnetz

angeschlossen

Niederspannung

- E.ON Distribuce, a.s.



6. Lernaufgaben zu den Themen smart meter und LED-Lampen

Die nachfolgenden Wissensfragen beziehen sich auf die in Kapitel 4 und 5 vorgestellten Beiträge. Sie können aber auch durch Recherchen gelöst und auf die unterschiedlichen Projektpartnerländer bezogen werden.

Lernaufgaben und praktische Aufgaben

Zuordnung von "Smart Grid" -Aufgaben

Name:.....

Nachname:.....

Klasse:.....

Gruppe:.....

Sie können Lernmaterial und das Internet erhalten, um die Aufgabe abzuschließen

Aufgabe 1: Teilen Sie Elektrische Geräte nach Spannung und Stromstärke auf/nach ČSN 330010

(Werte in Tabellen 1 und 2 notieren)

Klassifizierung elektrischer Betriebsmittel nach Spannung

Spannung	Spannungsabkürzung	Phasenspannung U_f (V) zwischen Leiter und Masse	Die Netzspannung U_s (V) zwischen den Leitern

Tabelle 1

Klassifizierung elektrischer Geräte nach Strom

Markierungsarten			
	Grafik	Geschrieben	Geschrieben nach EU

Tabelle 2

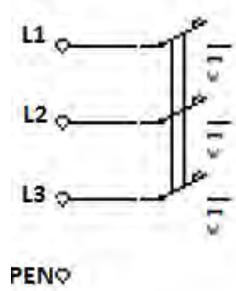
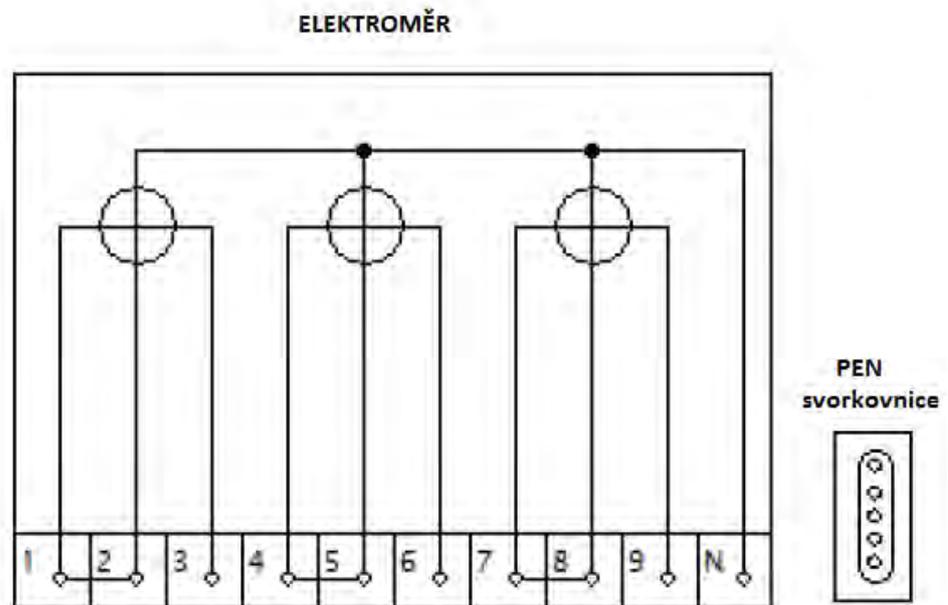
**Aufgabe 2: Nennen Sie 5 Regeln für die Sicherheit bei der Arbeit an elektrischen Geräten
(schreiben Sie die Regeln in die Tabelle)**

5 Arbeitsschutzregeln bei Arbeiten an elektrischen Betriebsmitteln

Erläutern Sie die einzelnen Punkte der Arbeitsschutzregeln für elektrische Betriebsmittel.

Aufgabe 3: Erklären Sie, was ein Stromzähler ist und wofür er verwendet wird (gemessene Größe, mathematische Ausdrücke, Zählerverteilung) Benutzen Sie bitte ein eigenes Blatt.

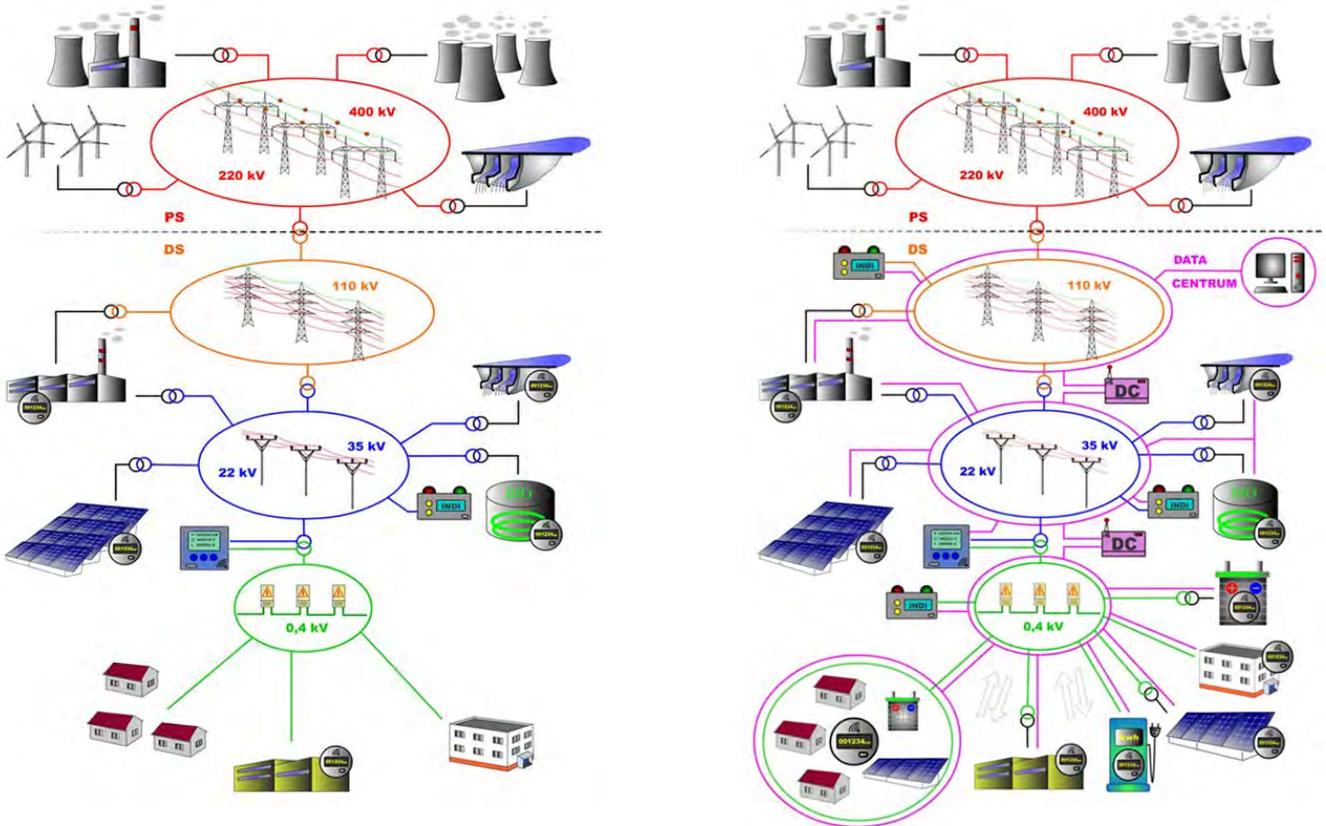
Aufgabe 4: Zeichnen Sie den Schaltplan eines dreiphasigen Eintarif-Stromzählers



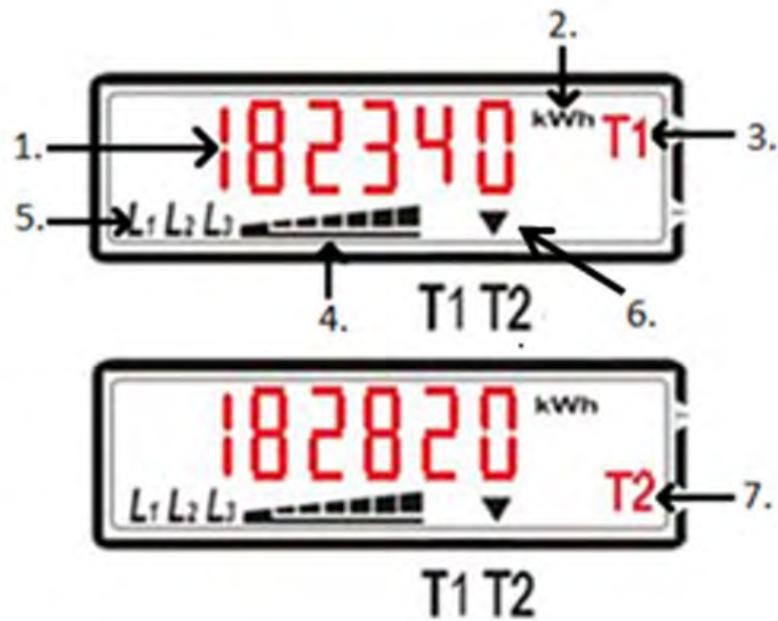
Beschreiben Sie die Komponenten und erklären Sie deren Funktion.

Aufgabe 5: Beschreiben Sie den Unterschied zwischen „Klassischem Konzept“ und „Smart Grid“ (siehe Abbildung)

Klassisches Konzept vs. Smart Grid



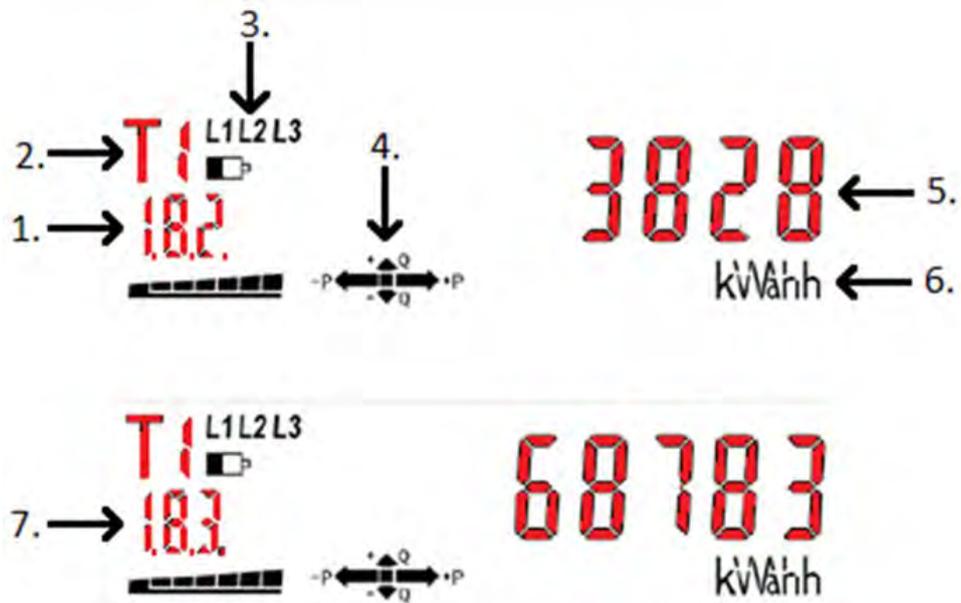
Aufgabe 6: Erklären Sie das Ablesen des Zählerstands ohne OBIS-Codes (siehe Abbildung)



Beschreiben Sie, wie einzelne Werte und Symbole angezeigt werden.

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.

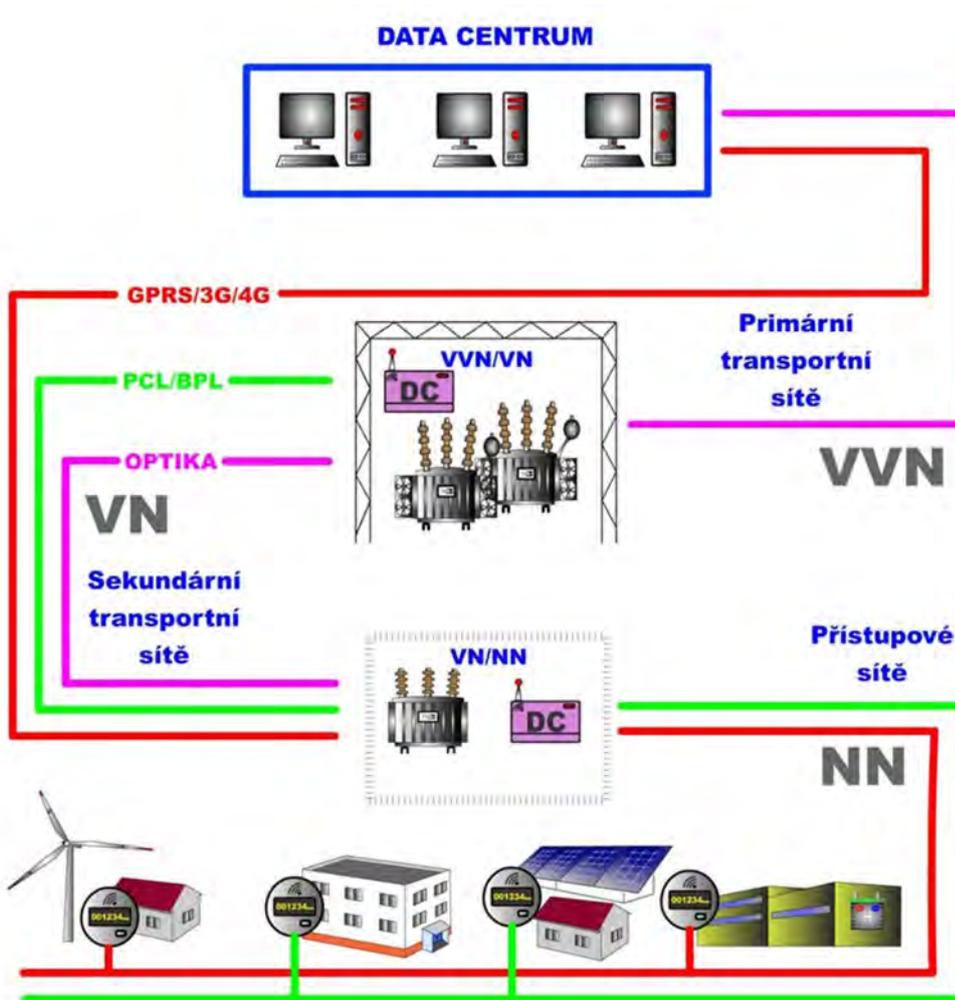
Aufgabe 7: Erklären Sie das Ablesen des Zählerstands mit OBIS-Codes (im Bild beschreiben)



Beschreiben Sie, wie einzelne Werte und Symbole angezeigt werden.

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.

Aufgabe 8: Smart Metering und Kommunikationsformen kurz erklären (im Bild beschreiben)



Erklären Sie die Begriffe:

DC –

3G –

PCL –

BPL –

Aufgabenverteilung zum Thema "LED-Lampen"

Vorname:.....

Nachname:.....

Klasse:.....

Gruppe:.....

Sie können Lernmaterial und das Internet verwenden, um die Aufgabe zu lösen.

Messen Sie die angegebenen Parameter für LED-Lampen mit Messwertausgabe.

Zuordnung:

- Für die Messungen werden LED-Lampen BGP 281 (PHILIPS Unistreet Gen 2) und BGP 701 (PHILIPS Luma Gen 2 Nano) verwendet.
- Die Messgeräte- Voltmeter, Amperemeter, Wattmeter



Aufgabe Nr. 1: Gesundheit und Sicherheit – „Fünf Regeln der Arbeitssicherheit“

- Führen Sie die fünf Regeln der Arbeitssicherheit bei Arbeiten an elektrischen Anlagen auf
- die einzelnen Punkte erklären

FÜNF REGELN DER ARBEITSSICHERHEIT

- 1. Ausschalten**
- 2. Sichern**
- 3. Probieren Sie es aus**
- 4. Masse und Kurzschluss**
- 5. Trennung von lebenden und nicht lebenden Teilen**

1) Ausschalten (Sicherungen aus der Schalttafel ziehen, Leistungsschalter ausschalten

2) Sichern (nicht austauschbares Schloss, Tisch - NICHT EINSCHALTEN, DAS GERÄT FUNKTIONIERT)

3) Teste - auf den spannungsfreien Zustand von el. Ich muss immer darauf achten, dass das Gerät über einen Spannungsprüfer verfügt, der folgende Bedingungen erfüllen muss:

- a) ist ausgelegt für die Bemessungsspannung der geprüften el. Gerät.
- b) Es wird von einem autorisierten Hersteller gemäß ČSN hergestellt.
- c) Zum Zeitpunkt der Messung ist sie intakt und kann das Vorhandensein von Spannung signalisieren.

Ich muss immer die Spannungsfreiheit an allen Leitern überprüfen, die möglicherweise Spannung gegen Erde haben. Beispiele für Tester:

- SN 2 - Niederspannungsprüfer bis 50 V
- SN 3 - Niederspannungsprüfer von 100 - 500 V
- Hochspannungsprüfer 15 - 35 kV

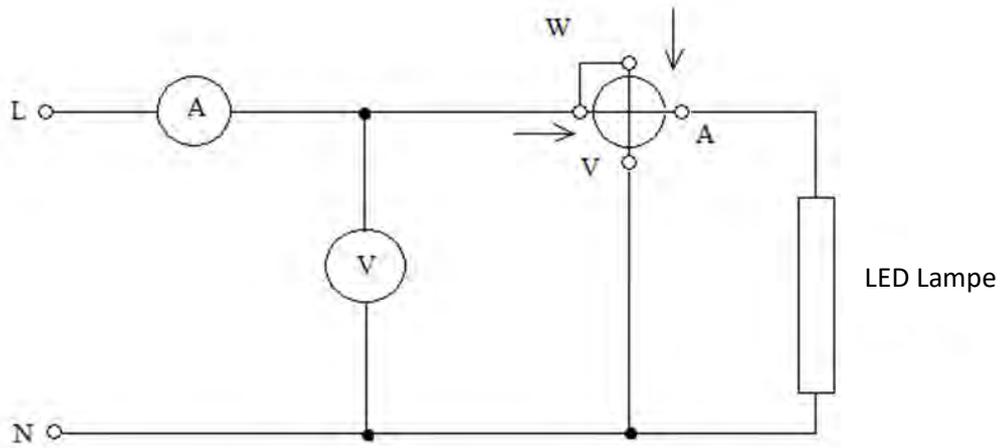
4) Erden und kurzschließen - hauptsächlich für Leitungen verwendet, zuerst das Kurzschlussset erden und erst dann alle Drähte kurzschließen.

5) Trennung des lebenden und unbelebten Teils - der lebende Teil ist der unter Spannung stehende Teil und der unbelebte Teil ist der spannungslose Teil (Tabelle JUST WORK HERE)

Aufgabe Nr. 2: Messung von Spannung, Strom, Leistungsaufnahme von LED-Lampen (BGP 281 und BGP 701)

- Schaltplan von Voltmeter, Amperemeter und Wattmeter zeichnen

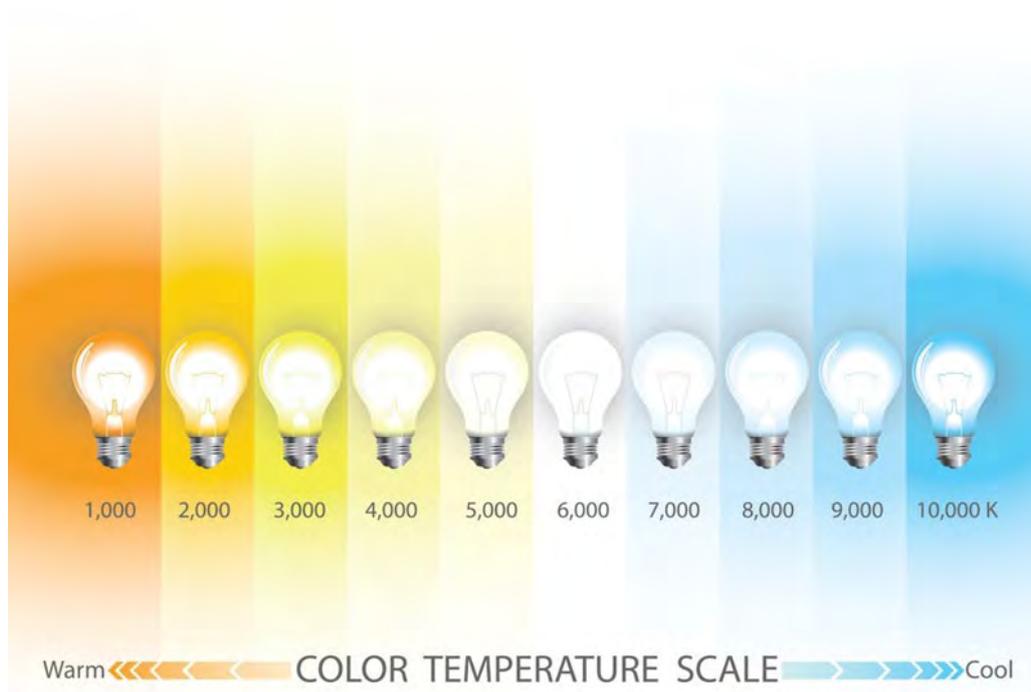
- Spannung, Strom, Leistungsaufnahme messen und in die Tabelle schreiben



	Spannung (V)	Strom (A)	Leistungsaufnahme (W)
LED Lampe BGP 281			
LED Lampe BGP 701			

Aufgabe Nr. 3: Messung der BGP 281 LED-Lampe

- Beleuchtungsstärke unter der Lampe messen
- dann den optischen Teil der Lampe durch einen Blauanteilfilter ersetzen und die Beleuchtungsstärke messen

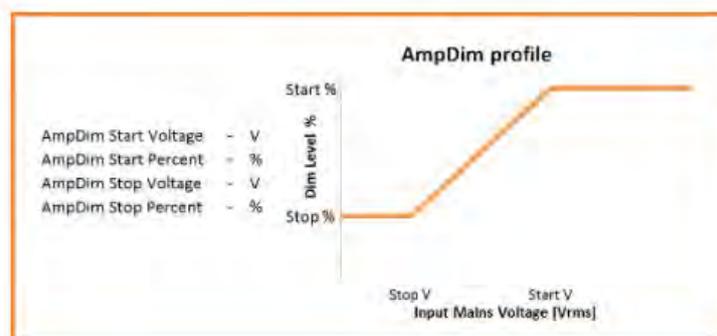


Aufgabe Nr. 4: Überwachung des Lichtstromrückgangs der LED-Lampe BGP 281

Beobachten Sie die Abnahme des Lichtstroms, wenn die Spannung allmählich abnimmt

AmpDim profiles

Profile number	Start voltage	Start percentage	Stop voltage	Stop percentage
1	220	100	200	80
2	210	100	180	50
3	220	100	200	80
4	215	100	180	30
5	220	100	185	70
6	215	100	170	30
7	220	100	190	50
8	230	100	170	30
9	205	100	185	70
10	220	100	180	50
11	220	100	180	25
12	220	100	180	60
13	220	100	180	30
14	230	100	195	50
15	230	100	180	30
16	240	100	180	30
17	230	100	180	80



7. Entwurf und Bau eines didaktischen smart meters als Unterrichts- bzw. Ausbildungsprojekt

Die elektronischen Energiezähler (smart meter) sind ein sehr wichtiger Bestandteil eines smart grids. Sie dienen prinzipiell zur Messung und Erfassung des Energiebedarfs der Kunden. Über die Datenkonzentratoren werden die Informationen an ein zentrales System weitergeleitet, das Entscheidungen auf smart grid Ebene ermöglicht. Deshalb ist die Idee entstanden, im Rahmen des Projektes „smart grid Intelligente Stromnetze 4.0“, ein didaktisches smart meter zu entwickeln und in zwei Ausführungen zu bauen:

- Version für den Theorieunterricht für Vorführzwecke im Unterricht
- Version für den Laborunterricht/Praxisunterricht (Steckbrettversion)

Folgende Ziele wurden gesetzt:

1. den Schüler*innen den Begriff „smart grid“ näherzubringen und somit den Einsatz der smart meter zu begründen.
2. den Schüler*innen die notwendigen Grundkenntnisse aus der Physik zu vermitteln, damit sie den Begriff „Energie“ erklären können.
3. den Schüler*innen die notwendigen Grundkenntnisse und Fertigkeiten zu vermitteln, um ein smart meter auf einem Steckbrett aufzubauen.
4. den Schüler*innen die Möglichkeit zu bieten, die Zeitdiagramme der elektrischen Wechselspannung, des Wechselstromes, der Leistung, der Energie messtechnisch zu erfassen, auf einem Bildschirm grafisch darzustellen und weiterzuverarbeiten.
5. den Schüler*innen die Möglichkeit zu bieten, im Labor verschiedene Tagesenergiebedarfe exemplarischer Kunden in Kurven festzuhalten.
6. den Schüler*innen die Möglichkeit zu bieten, Grundlagen zu den Entscheidungen auf smart grid Ebene zu erarbeiten.

Das Erasmus+ Team
der
Landesberufsschule für Handwerk und Industrie Bozen

7.1 Grundkenntnisse

In diesem Abschnitt erarbeiten die Schüler:

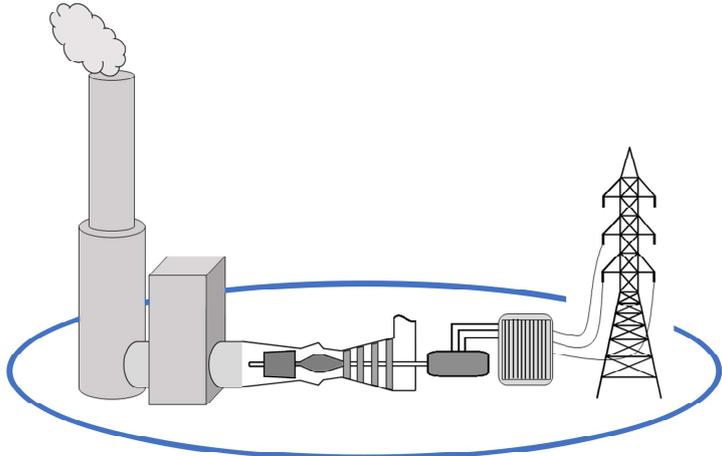
- die Begriffe „smart grid“ und „smart meter“. Sie begründen den Einsatz der „smart meter“.
- die Grundlagen aus der Physik, Elektrotechnik und Elektronik, die für das Verständnis des Energiezählers notwendig sind.



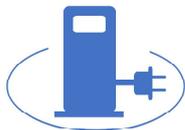
Erasmus+

Smart grid Intelligente Stromnetze 4.0

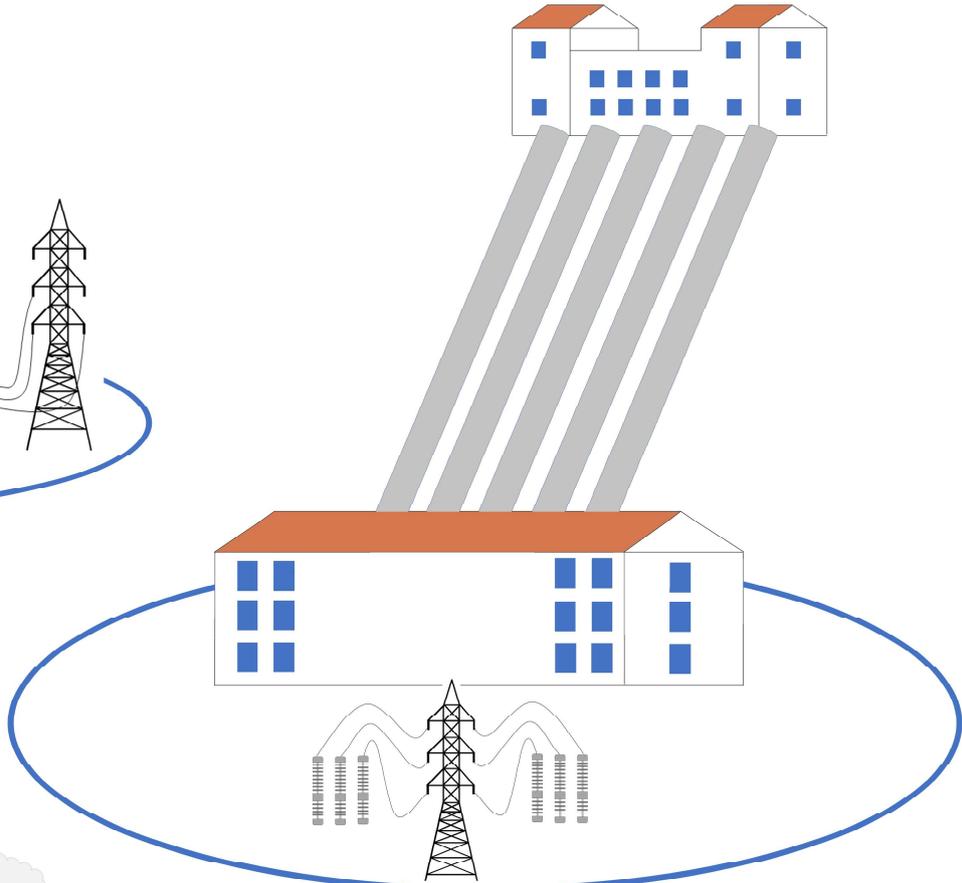
Projekt Nr. 2018-1-DE02-KA202-005075



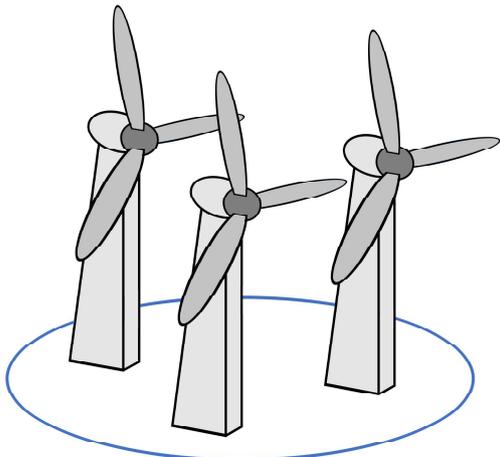
Gasturbinenkraftwerke



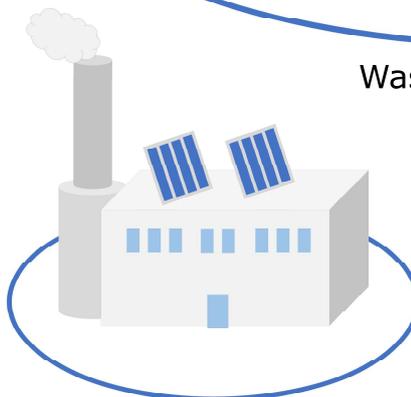
E-Mobility
Ladestationen



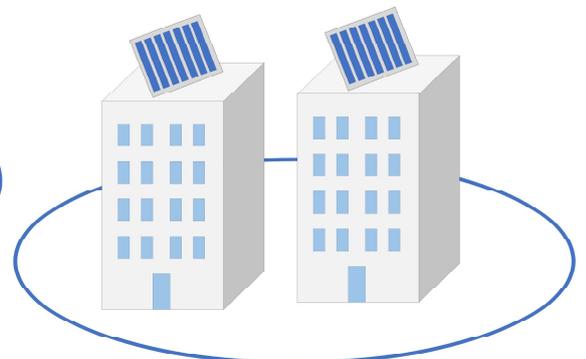
Wasserkraftwerke



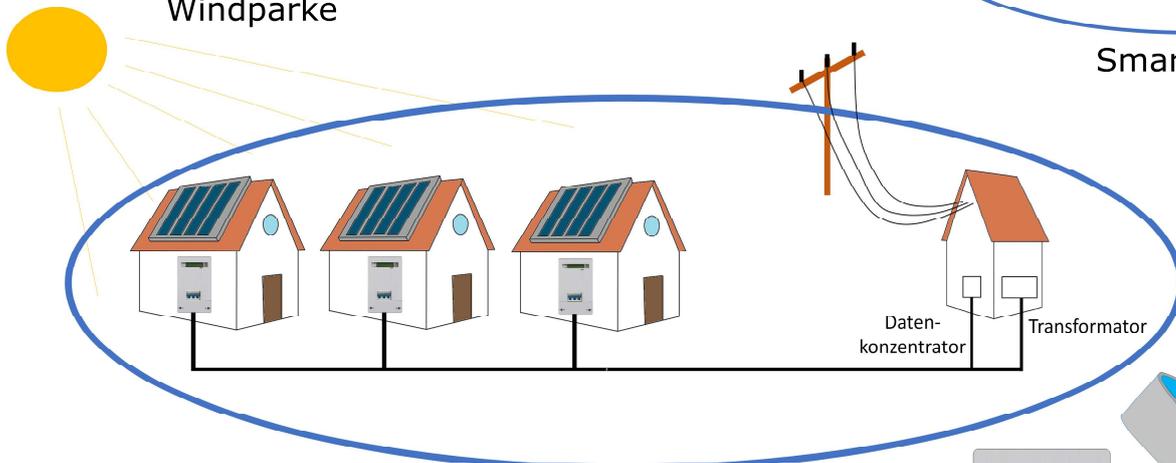
Windparke



Smart factories



Smart cities



Smart houses

Daten-
konzentrator Transformator



Smart
meter

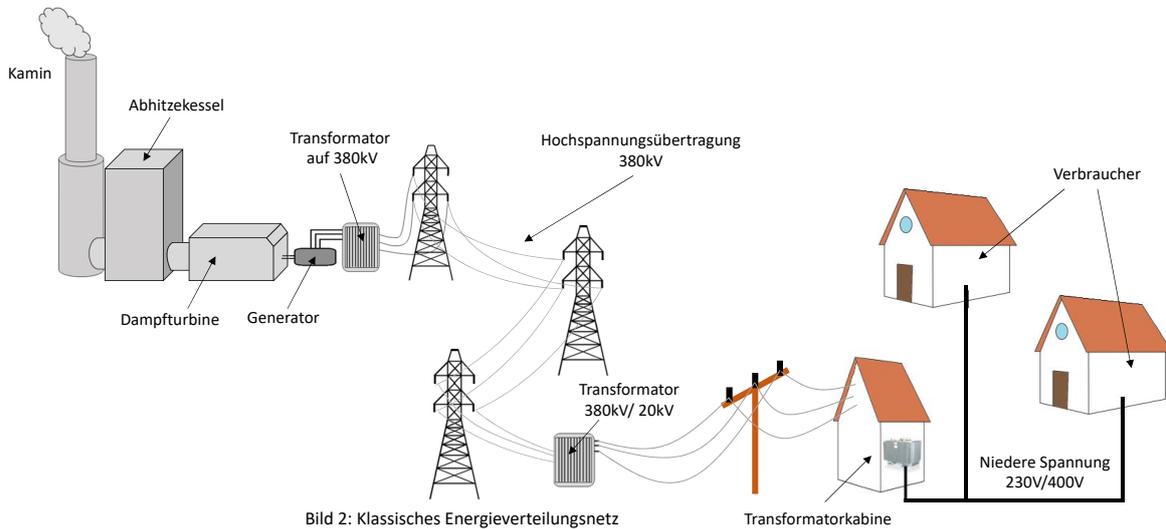


BZ
LANDESBERUFSSCHULE FÜR
HANDWERK UND INDUSTRIE

Einführung

Situation in Italien und in vielen anderen Staaten weltweit

Die Energieversorgungsnetze bestehen überwiegend aus **großen zentralen Kraftwerken**, die über das Verteilungsnetz (Hochspannungsübertragungsnetz, Mittel- und Niederspannungsübertragungsnetz) die Endkunden mit Energie versorgen (Bild 2). Die Energie wird vorwiegend nur in eine Richtung übertragen.



Schwachstellen des klassischen Energienetzes

- 1) Zentrale Einrichtungen steuern die Verteilung der Energie mehrerer Regionen von einem Ort aus über SCADA Systeme (z.B. Terna S.p.A.). Diese Einrichtungen sind noch sehr stark auf den Menschen angewiesen (wenig automatisiert) ^[1].
- 2) Viele Transformatorstationen sind noch nicht in Echtzeit mit den Steuerungszentralen verbunden. Diese müssen bei Überlastung autonom Sicherheitsmaßnahmen einleiten, um sich selbst und die Kunden zu schützen. Sie sind aber nicht in der Lage eine „intelligente Lösung“ zum Problem zu finden ^[1].
- 3) Wenn ein Übertragungsnetz aus irgend einem Grund ausfällt, dann kann die Energiezufuhr, aufgrund einer Kettenreaktion, flächendeckend ausfallen^[1]. Am 28. September 2003 blieb Italien (mit Ausnahme von Sardinien und Elba) für 12 Stunden ohne Energiezufuhr, weil zwei Hochspannungsleitungen aus der Schweiz und Frankreich ausgefallen waren^[2]. Dieser Ausfall löste eine Überlastung des gesamten Energieverteilungsnetzes aus. Es war Nacht und viele Kraftwerke arbeiteten auf dem Mindestwert ihrer Erzeugungskapazität. Im gleichen Jahr gab es ähnliche Ereignisse im Nordosten der USA und in Schweden^[2]. Solche Ausfälle geschehen selten, decken aber Netzschwachstellen auf.
- 4) Viele Privatbenutzer schaffen sich kleine Photovoltaikanlagen an. Das könnte der Weg für die Zukunft sein. Diese Energiekonsumenten sind gleichzeitig Energieproduzenten. Sie könnten bei Bedarf auch Energie in das Netz einspeisen. Für diese Entwicklung ist die bestehende zentrale Energienetzarchitektur nicht geeignet.^[1]



Bild 3: Zentrale Steuerung der Energieverteilung, Terna S.p.A.

Energieproduktion- und verteilung in Südtirol

Alperia betreibt in Südtirol 34 Groß- und Kleinwasserkraftwerke^[3] ^[4]. Einige davon sind^[5]:

Kraftwerk	Durchschnittliche Jahresproduktion
Kardaun	659 GWh
Kraftwerk S. Floriano (50%)	482 GWh
Brixen	450 GWh
Kastelbell	417 GWh
Töll+Marling	381 GWh

Mit einem Jahresumsatz von ungefähr 1,5 Milliarden Euro gehört Alperia zu den großen Energieunternehmen in Italien. Südtirol erzeugt schon heute weitaus mehr Energie als es selbst verbraucht.

Edyna ist der größte Energieverteiler in Südtirol. Mit einem Stromverteilernetz von 8.558 km Länge^[8] (Leitungen in Nieder-, Mittel- und Hochspannung), sowie mit den dazugehörigen Anlagen und Infrastrukturen, bringt Edyna die elektrische Energie in 96 Südtiroler Gemeinden.

Südtirol hat auch sehr viele Photovoltaikanlagen. Zurzeit befinden sich in Südtirol ca. 7.800 Photovoltaikanlagen. Damit werden rund 248 GWh Energie produziert.^[6]

Was ist ein „smart grid“?

Der neue Trend

Der Begriff „smart grid“ bezieht sich auf ein besonderes Modell der Energieerzeugung und – verteilung, in dem *dezentrale Erzeugungsanlagen*, meistens erneuerbare Energiequellen wie:

- Pumpspeicherkraftwerke
- Photovoltaikanlagen (öffentliche und private Anlagen)
- Biomasseanlagen und Windkraftanlagen

miteinander kommunizieren, um *gemeinsam* den Energiebedarf der Energieverbraucher zu decken.

Der Energieverbraucher kann gleichzeitig auch Energieproduzent sein.

Wie man sich leicht vorstellen kann, führt dieses durchaus positive Modell, im Gegensatz zu zentralen Erzeugungsanlagen, zu einigen technischen Herausforderungen, wie z.B.:

- eine wesentlich komplexere Lastregelung im Netz
- Spannungshaltung im Verteilnetz
- Netzfrequenzhaltung im Verteilnetz

um die Netzstabilität zu gewährleisten.

Der Ferraris-Energiezähler (elektromechanischer Zähler) ist für dieses Modell nicht geeignet, da:

- keine Datenübertragung (Zählerstand) zwischen Verbraucher und Erzeuger, ohne nachgerüstete Fernauslesetechnik, möglich ist.^[7]
- der Ferraris Zähler der Zählung keine Uhrzeit und kein Datum zuordnet. Somit ist dieser Zähler nicht für zeitvariable Energietarife geeignet.^[7]

Dieses Modell setzt den Einsatz von smart Metern voraus.

Struktur des smart metering 1G Systems

Das Smart Metering 1G-System von Edyna besteht aus miteinander verbundenen elektronischen Geräten. Es wird zwischen ^[8]:

- den Energiezählern (auch Leistungsmessgeräte)
 - den Datenkonzentratoren
- unterschieden.

Die Energiezähler sind im Falle

- des „Energieverbrauchs“ am Übergabepunkt des Stromes
 - der „Energieproduktion“ am Produktionspunkt
- der Kundenanlage installiert ^[8].

Die Datenkonzentratoren sind elektronische Schaltungen, die in der Transformator-Sekundärkabine installiert sind. Diese Schaltungen haben die Aufgabe, die gesendeten Daten der Energiezähler zum zentralen AMM-System (Automated Meter Management) weiterzuleiten^[8].

Das AMM-System sammelt/speichert die Daten der Energiezähler, verarbeitet diese Daten und kann den Energiezählern Befehle schicken^[8]. Das AMM-System kann z.B. dem Energiezähler Befehle zur Abnahme oder zur Zunahme der Leistung schicken, die dem Kunden zur Verfügung gestellt wird.

Kommunikation und Messdaten des 1G Systems

Die Kommunikation

- Die Kommunikation zwischen den Energiezählern und den Konzentratoren ist bidirektional und erfolgt mittels PLC (Power Line Carrier) Verfahren auf der Stromleitung ^[8].
- Die Kommunikation zwischen den Konzentratoren und dem AMM-System erfolgt über das Telekommunikationsnetz mit GSM/GPRS-Protokoll ^[8].

Die Messdaten des 1G smart meters

Das smart meter 1G enthält einen Mikrocontroller (Microcontroller Unit, MCU). Diese Einheit ermöglicht nicht nur über den Analog Digital – Wandler (ADC) die nötigen Messungen durchzuführen, sondern diese auch zu:

- speichern und weiterzuverarbeiten
- automatisch dem Datenkonzentratoren zu senden
- einige Informationen (z.B. Kundennummer) und Messwerte (Augenblicksleistung) dem Kunden zur Verfügung zu stellen (Tastendruck)

Folgende Messungen werden durchgeführt^[8]:

- aktive und reaktive Energie (sowohl dem Netz entnommene als auch ins Netz eingespeiste)
- Wirkleistung
- Lastkurven der aktiven Energie mit viertelstündlichen Musterentnahmen

Vorteile des smart meters (1G) ^[8]



Bild 4

- Fernkontrolle der Energiezähler
- Steigerung der Verfügbarkeit realer monatlicher Verbräuche und somit
- Verringerung der für einen Schätzungsprozess notwendigen Messungen

Das smart meter 2G

Eigenschaften:

- **Offenes Protokoll für Zugriff auf die Zählerdaten** ^[9]
Ermöglicht Anbindung an Hausautomationssysteme
- **Tägliche Verfügbarkeit der Lastkurven** ^[9]
Die Kunden sind besser informiert.
- **Support für die Einführung neuer Tarifmodelle** ^[9]
Stündlich schwankende Tarife könnten zukünftig genutzt werden. Das bedeutet, dass Kunden energieintensive Verbraucher, wie z.B. Waschmaschinen oder Trockner, nachts oder bei Ökostromüberschüssen einschalten könnten, um Geld zu sparen.
- **Aktivierung neuer Mehrwertdienste** ^[9]
- **Unterstützung bei der fortgeschrittenen Netzverwaltung** ^[9]

Quellenverzeichnis

- [1]: <http://tesi.cab.unipd.it/27067/1/tesi.pdf> Juli 2020
- [2]: https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_historischer_Stromausf%C3%A4lle Juli 2020
- [3]: <https://www.alperigroup.eu/de/unsere-energie/wasserkraft/energie-aus-unseren-bergen.html>
Juli 2020
- [4]: <https://www.alperigroup.eu/de/zukunft-gestalten/green-energy.html> Juli 2020
- [5]: Größten Wasserkraftwerke Südtirols
https://www.alperigroup.eu/public/user_upload/pdf/pubblicazioni/wasserkraftwerk_kardaun.pdf
Juli 2020
- [6]: <https://www.consumer.bz.it/de/photovoltaik-strom-aus-sonnenlicht> Juli 2021
- [7]: <https://sedl.at/Stromzaehler/mechanisch> Juli 2020
- [8]: Plan der Inbetriebnahme des Systems Smart Metering 2G
http://www.edyna.net/fileadmin/filemount/Pdf/05_clienti/Smart_meter/Plan_der_Inbetriebnahme_des_Smart_Metering_2G-Systems.pdf Juli 2021
- [9]: Vortrag des Herrn Paulmichl (Edyna) am 06.06.2019 an der LBSHI-Bz

Bilderverzeichnis

Bild 1
Selbst gezeichnetes Plakat

Bild 2
Selbst gezeichnetes Bild

Bild 3 (Juli 2020)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dispacciamento_-_Sala_controllo.JPG
Nennung der Urheberschaft:
Terna S.p.A., CC BY-SA 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons

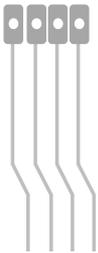
Bild 4
Smart meter
e-distribuzione S.p.A. Italia
Selbst fotografiert



Kraft, Arbeit, Energie, Ladung,
Spannung, Strom

Im Rahmen des Projektes
„smart grid“
Intelligente Stromnetze 4.0
Projekt Nr. 2018-1-DE02-KA202-005075

Stand August 2021



SI - Basisgrößen

Das Internationale Einheitensystem oder **SI ist das am weitesten verbreitete Einheitensystem für physikalische Größen**. Die durch das SI definierten Maßeinheiten nennt man SI-Einheiten.¹

Das SI beruht auf **sieben Basisgrößen** mit entsprechenden Basiseinheiten, deren Auswahl nach praktischen Gesichtspunkten erfolgte.¹

Basisgröße	Größensymbol	Einheitenzeichen	Einheit
Masse	<i>m</i>	<i>kg</i>	Kilogramm
Länge	<i>l</i>	<i>m</i>	Meter
Zeit	<i>t</i>	<i>s</i>	Sekunden
Stromstärke	<i>I</i>	<i>A</i>	Ampere
Thermodynamische Temperatur	<i>T</i>	<i>K</i>	Kelvin
Stoffmenge	<i>n</i>	<i>mol</i>	Mol
Lichtstärke	<i>I_v</i>	<i>cd</i>	Candela

Alle **anderen physikalische Größen** nennt man **abgeleitete Größen**.

Die Kraft F

Die Kraft

ist eine physikalische Größe, die einen festgehaltenen Körper verformen und einen beweglichen Körper beschleunigen kann.²



Isaac Newton (1642-1726)
Englischer Naturforscher
Bild 1

Merkmal 1:

Die verformende Wirkung einer Kraft hängt von deren **Betrag** (wieviel) ab.

Merkmal 2:

Die verformende Wirkung einer Kraft hängt von deren **Richtung** ab (wohin), in der diese wirkt.

Die Kraft hat einen **Betrag** und eine **Richtung**. Diese ist somit eine **vektorielle** Größe!

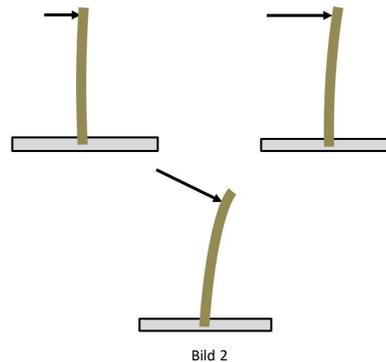


Bild 2

Die Gewichtskraft F_G

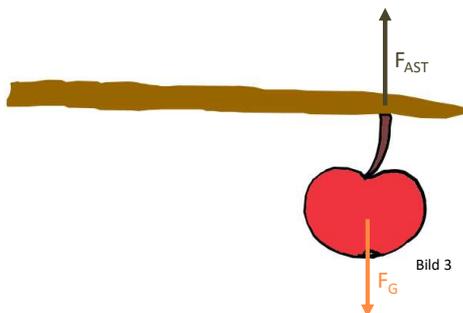


Bild 3

$$F_G = m \cdot g$$

Masse [kg]

Erdbeschleunigung $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

$$[kg] \cdot \left[\frac{m}{s^2}\right] = [N] \quad \dots \text{Newton}$$

Die mechanische Arbeit

Mechanische Arbeit =

„Kraft in Richtung des Weges mal Weg“

Quelle 3

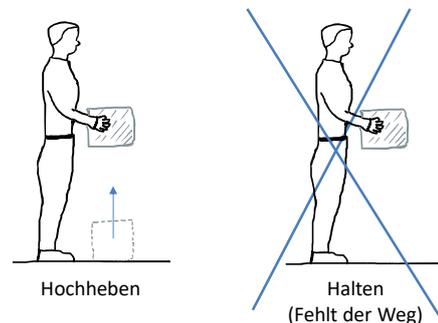


Bild 4

$$W = F_l \cdot l \quad [N] \cdot [m] = [J] \quad (\text{Joule})$$

„Gespeicherte Arbeit wird Energie genannt“

Quelle 3

Einheit:

$$[N] \cdot [m] = [J]$$



James Prescott Joule (1818-1889)
Englischer Physiker
Bild 5

Energieerhaltungssatz

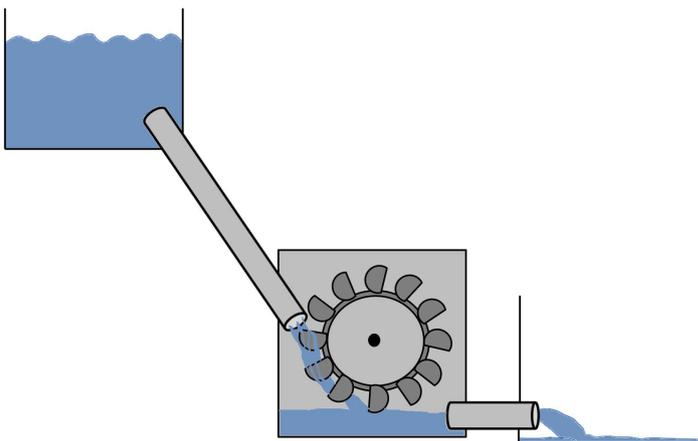
Energie kann nicht erzeugt oder verbraucht werden.
Energie kann nur von einer Energieform in eine andere
Energieform umgewandelt werden.



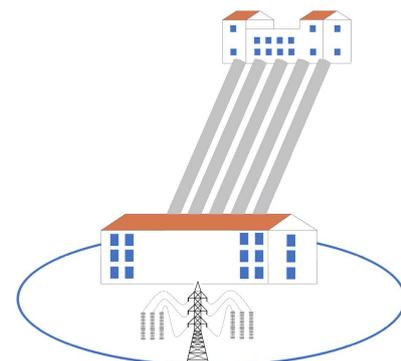
*Yours very truly
Kelvin*
William Thomson (1824-1907)
Britischer Physiker
Bild 6

Energieumwandlung heute:

Wasserkraftwerk



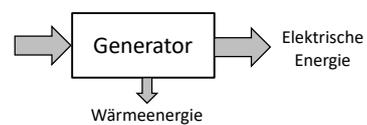
Pelton Turbine mit Generator
Bild 7



Wasserkraftwerk Kardaun (Bz)

Bild 8

$$W_{POT} = m \cdot g \cdot h \quad \Rightarrow \quad W_{KIN} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$



Die elektrische Ladung Q

Mit der elektrischen Ladung beschreiben wir den Elektronenmangel oder den Elektronenüberschuss eines Körpers.

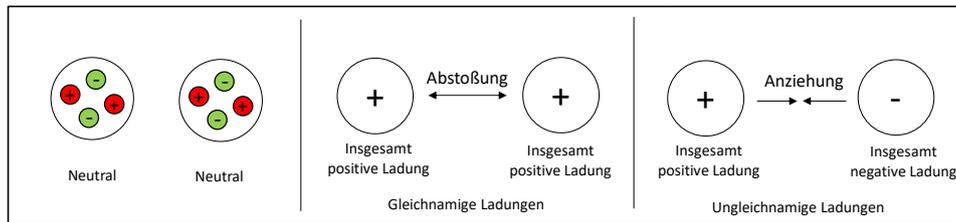


Bild 9

Die elektrische Ladung kann ganz einfach durch Reibung entstehen. Dabei werden entweder Elektronen weggenommen oder Elektronen angehäuft. Es entsteht dabei der Elektronenmangel (positive Ladung) oder der Elektronenüberschuss (negative Ladung).

Atome, bei denen sich die Anzahl der Protonen von der Anzahl der Elektronen unterscheidet, nennt man **Ionen**. Fehlen einem Atom Elektronen, so ist es **positiv geladen** und wird **positiv geladenes Ion** genannt.

Hat das Atom mehr Elektronen in der Hülle als Protonen im Kern, ist es **negativ geladen** und wird **negativ geladenes Ion** genannt.

Die elektrische Ladung Q

Die elektrische Ladung wird in Coulomb C gemessen.

$$Q = n \cdot e \quad [C]$$

wobei:

- Q Gesamtladung
- n Anzahl der Elementarladungen
- e Elementarladung

sind.

Beispiel: Aus wie viel Elektronen besteht die Ladung $Q = -1C$?

$$Q = n \cdot e \quad \rightarrow \quad n = \frac{Q}{e} = \frac{-1C}{-1,602 \cdot 10^{-19}C} = 6,242 \cdot 10^{18}$$



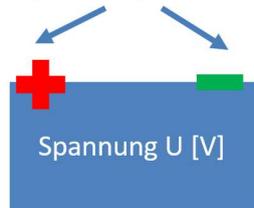
Charles de Coulomb (1736-1806)
Französischer Physiker
Bild 10

Die elektrische Spannung U

Die Spannung ist die zur **Trennung der Ladungen** aufgewendete Arbeit gebrochen durch die Ladung.

$$U = \frac{W}{Q} \quad \frac{[J]}{[C]} = [V]$$

Ladungen bewegen sich nicht!



Energiequelle!

Bild 12



Alessandro Volta
(1745-1824)
Italienischer Physiker
Bild 11

Der elektrische Strom I

Unter dem Begriff „elektrischer Strom“ verstehen wir den Transport von elektrischen Ladungsträgern.

$$I = \frac{Q}{t} \quad \frac{[C]}{[s]} = [A] \dots \text{Ampère}$$



Bild 14

Ladung Q [C]

/
dividiert

Zeit t [s]



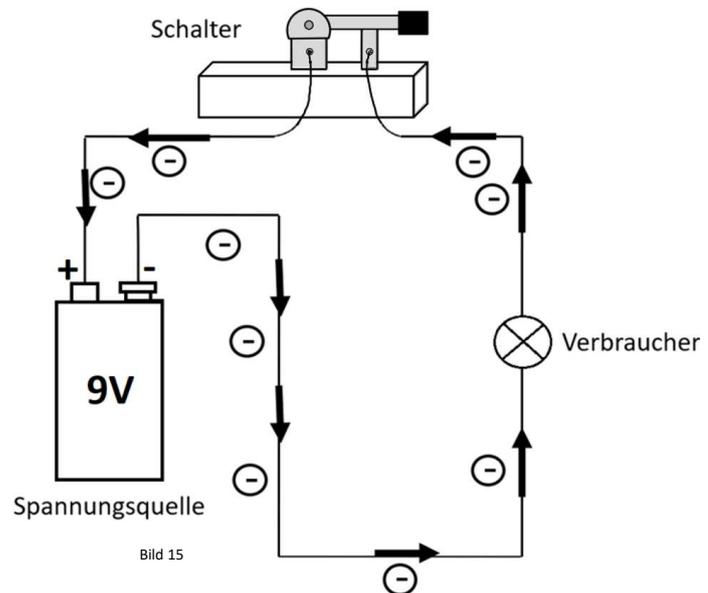
André-Marie Ampère
(1775-1836)
Französischer Physiker
Bild 13

Der elektrische Stromkreis und die physikalische Stromrichtung

Wenn wir den Schalter schließen, dann bewegen sich die Elektronen vom negativen Pol über den Verbraucher zum positiven Pol.

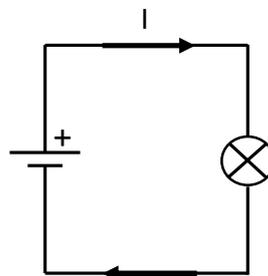
Die **Bewegungsrichtung** der **Elektronen** nennt man „**physikalische** Stromrichtung“.

Der Stromkreis ist geschlossen.



Die technische Stromrichtung

In der **Elektrotechnik** geben wir den Richtungssinn von Strömen grundsätzlich in der **technischen Stromrichtung** vom **Pluspol** zum **Minuspol** der **Spannungsquelle** an. In dieser Richtung wird der elektrische Strom I als **positiv** bezeichnet.



Quellenverzeichnis

Quelle 1: 23.07.21

https://de.wikipedia.org/wiki/Internationales_Einheitensystem

Quelle 2:

Grundlagen der Dynamik

Robert Wichard Pohl

Springer-Verlag

Quelle 3: 23.07.21

<https://www.gymliestal.ch/manueler/din/dok/arbeit%20und%20energie.pdf>

Bilderverzeichnis

Bild 1 (23.07.21)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sir_Isaac_Newton_by_Sir_Godfrey_Kneller,_Bt.jpg

Nennung der Urheberschaft:

Godfrey Kneller, Public domain, via Wikimedia Commons

Bilder 2,3,4,7,8,9,12,14,15,16

Selbst gezeichnete Bilder

Bilderverzeichnis

Bild 5 (23.07.21)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:James_Prescott_Joule_by_John_Collier,_1882.jpg

Nennung der Urheberschaft:

John Collier, Public domain, via Wikimedia Commons

Bild 6 (23.07.21)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PSM_V75_D520_William_Thomson.png

Nennung der Urheberschaft:

Unknown author, Public domain, via Wikimedia Commons

Bild 10 (23.07.21)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Charles_de_Coulomb.png

Nennung der Urheberschaft:

After Hippolyte Lecomte, Public domain, via Wikimedia Commons

Bild 11 (23.07.21)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alessandro_Volta.jpeg

Nennung der Urheberschaft:

See page for author, Public domain, via Wikimedia Commons

Bild 13 (23.07.21)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ampere_Andre_1825.jpg

Nennung der Urheberschaft:

Ambrose Tardieu, Public domain, via Wikimedia Commons



Elektrische Leistung und Energie

Im Rahmen des Projektes
„smart grid“
Intelligente Stromnetze 4.0
Projekt Nr. 2018-1-DE02-KA202-005075

Stand August 2021



Die mechanische Leistung

In der Mechanik definieren wir die Leistung als die verrichtete Arbeit geteilt durch die dazu benötigte Zeit.

$$P = \frac{W}{t} \quad \frac{[J]}{[s]} = [W] \dots \text{Watt}$$



James Watt (1736-1819)
Schottischer Erfinder
Bild 1

Beispiel aus Bewegung und Sport ...

“Je **schneller** ein/e Schüler/in über die Treppe vom Parterre in den 4.Stock läuft (**dabei verrichtet er Arbeit W**), desto **größer ist die vollbrachte Leistung P.**”



Treppenhauselauf
Bild 2

Die elektrische Wirkleistung

Die Formel für die elektrische Wirkleistung kann aus den Gesetzmäßigkeiten des Lernfeldes 5 hergeleitet werden. Wir erinnern uns an die Definition der elektrischen Spannung (siehe Bild 3).



Spannung U [V]

$$U = \frac{W}{Q}$$

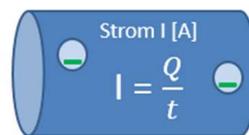
Bild 3

Wir können die Spannungsformel nach W umformen und erhalten: $W = U \cdot Q$

Nun setzen wir diese Formel in die mechanische Leistung ein und erhalten:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{U \cdot Q}{t}$$

Aus der Elektrotechnik kennen wir diese Gesetzmäßigkeit:



Strom I [A]

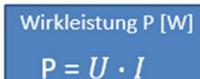
$$I = \frac{Q}{t}$$

Bild 4

...nämlich den elektrischen Strom I.

Die elektrische Wirkleistung P und Energie W

Wenn wir Q/t somit mit I ersetzen, dann erhalten wir die **elektrische Wirkleistung P**, die wiederum als Einheit [W] (Watt) hat. Wenn wir also die Gleichspannung U mit dem dabei fließenden Gleichstrom I multiplizieren, so erhalten wir die elektrische Wirkleistung.



Wirkleistung P [W]

$$P = U \cdot I$$

Wenn wir wiederum bei der mechanischen Leistung beginnen:

$$P = \frac{W}{t}$$

und diese Formel nach W (mechanische Arbeit) auflösen, so erhalten wir: $W = P \cdot t$

Dieselbe Formel gilt für die Energie, da Energie gespeicherte Arbeit ist.

Nun ersetzen wir P mit den elektrischen Größen und erhalten **die elektrische Energie**:

$$W = U \cdot I \cdot t \quad [J] = [Ws]$$

Bei rein ohmschen Verbrauchern gilt diese Formel, unter Verwendung der Effektivwerte, auch für Wechselstrom.

Der Energielieferant stellt uns ein Gerät zur Verfügung, das in den Medien irrtümlicherweise als „Stromzähler“ bekannt ist. Dieses Gerät ist aber kein Strommessgerät, sondern ein Energiemessgerät. Die vom „Energieerzeuger“ gelieferte Energie wird in kWh (Kilowattstunden) gemessen, eine Maßeinheit für größere Energiemengen.



Bild 5

$$[J] = [Ws]$$

↓

$$[kWh]$$

Bild 1 (23.07.21)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:James_Watt_by_Henry_Howard.jpg

Nennung der Urheberschaft:

Henry Howard, Public domain, via Wikimedia Commons

Bild 2 (23.07.21)

<https://pixabay.com/de/photos/treppen-treppe-rennen-mann-l%c3%a4uft-101433/>

Freie kommerzielle Nutzung

Bild 3,4

Selbst gezeichnetes Bild

Bild 5

Smart meter

e-distribuzione S.p.A. Italia

Selbst fotografiert



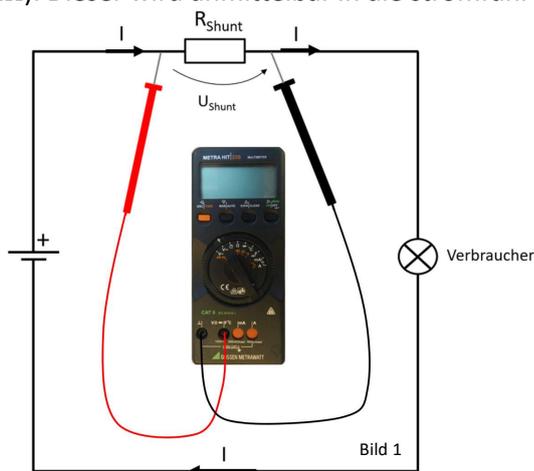
Strom messen

Im Rahmen des Projektes
„smart grid“
Intelligente Stromnetze 4.0
Projekt Nr. 2018-1-DE02-KA202-005075

Stand August 2021

Der Shunt - Widerstand

Der Shunt-Widerstand ist ein **niederohmiger elektrischer Messwiderstand** (z.B. $R_{shunt}=0,1\Omega$). Dieser wird unmittelbar in die stromführende Leitung eingefügt.¹



$$R_{Shunt} = \frac{U_{Shunt}}{I}$$

$$I = \frac{U_{Shunt}}{R_{Shunt}} = \frac{0,108V}{0,1\Omega} = 1,08A$$

Dieser Widerstand hat einen präzisen bis sehr präzisen Wert (z.B. Genauigkeitsklasse 1 bis 0,5) und eine große Leistung (z.B. 2W aufwärts).

Es gibt integrierte elektronische Schaltungen, welche den Spannungsabfall am Shunt-Widerstand messen und, mit diesem Wert und dem Wert des Shunt-Widerstands, den Strom berechnen. Der INA219 (Texas Instruments) gehört zu diesen Schaltungen. Der Spannungsabfall am Shunt-Widerstand, der Strom durch den Shunt-Widerstand und die Leistung können von den Registern der integrierten Schaltung über den I2C-Bus gelesen werden.

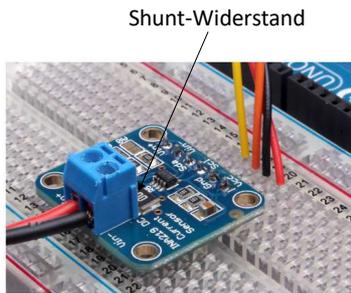
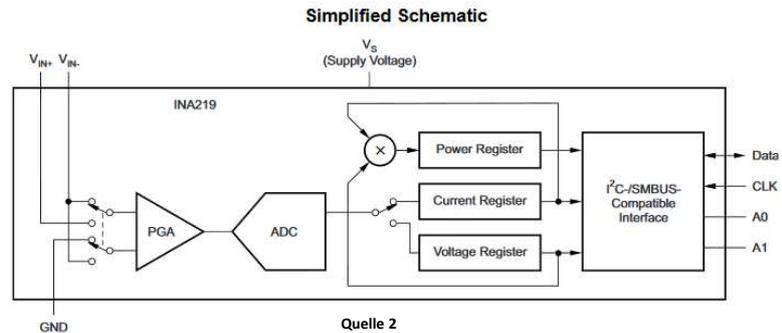


Bild 2



Quelle 2

Strommessung mit einer Hall - Sonde

Es gibt integrierte elektronische Schaltungen, die den sogenannten „Hall-Effekt“ nutzen, um den Strom „contactless“ zu messen. Der ACS712 (Allegro microsystems) gehört zu diesen Schaltungen.

Der Stromdurchfluss durch die Kupferleiterbahn (Quelle 3, Bild 4) erzeugt ein magnetisches Feld, welches vom integrierten Hall-IC erfasst und in eine proportionale Spannung umgewandelt wird.

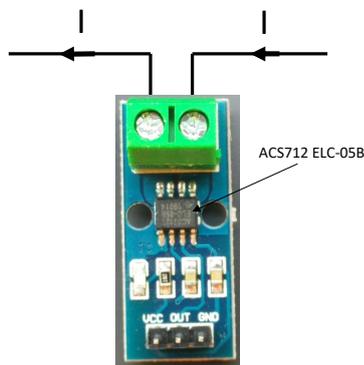


Bild 3

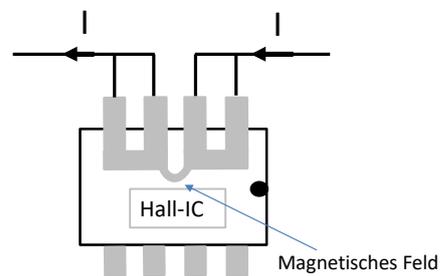


Bild 4

Wir verwenden im Labor die Sensorversion ACS712 ELC-05B. Die Information „05“ sagt uns, dass wir mit diesem Sensor einen maximalen Strom $I_{MAX}=5A$ messen können.

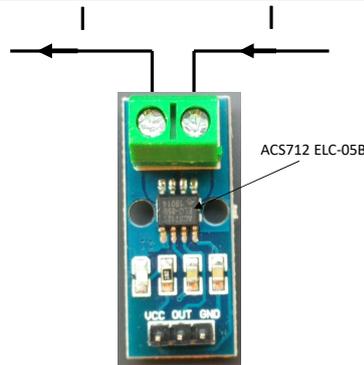


Bild 3

Der Sensor hat eine Betriebsspannung $U_{cc}=5V$. Der Anschluss GND im Bild ist die Masse. Zwischen OUT und GND können wir jene Spannung messen, die dem Strom proportional ist. Diese Spannung nennen wir U_{OUT} . Der Sensor hat eine Empfindlichkeit von $185 \frac{mV}{A}$ und eine Offsetspannung U_{offset} . Offsetspannung bedeutet, dass bei keinem Strom ($I=0A$) die Spannung $U_{OUT} = U_{offset}$ gemessen wird. Mit diesen Informationen und U_{OUT} können wir den Strom berechnen.

$$185 \frac{mV}{A} = 0,185 \frac{V}{A}$$

$$I = \frac{(U_{OUT} - U_{offset})}{0,185 \frac{V}{A}}$$

Quellen- und Bilderverzeichnis

Quelle 1: (23.07.21)

[https://de.wikipedia.org/wiki/Shunt_\(Elektrotechnik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Shunt_(Elektrotechnik))

Quelle 2: (23.07.21)

https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina219.pdf?ts=1629740035696&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F

Quelle 3: (23.07.21)

<https://www.allegromicro.com/en/products/sense/current-sensor-ics/zero-to-fifty-amp-integrated-conductor-sensor-ics/acs712>

Bild 1

Selbst gezeichnetes Bild mit selbst gemachtem Foto des Multimeters Metra Hit 235

Bild 2 (23.07.21)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Adafruit_INA219_high_side_DC_current_sensor_module_2.jpg

Nennung der Urheberschaft:

oomlout, CC BY-SA 2.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0>>, via Wikimedia Commons

Bild 3

Selbst gemachtes Foto mit Zeichnung der Stromrichtung

Bild 4

Selbst gezeichnetes Bild

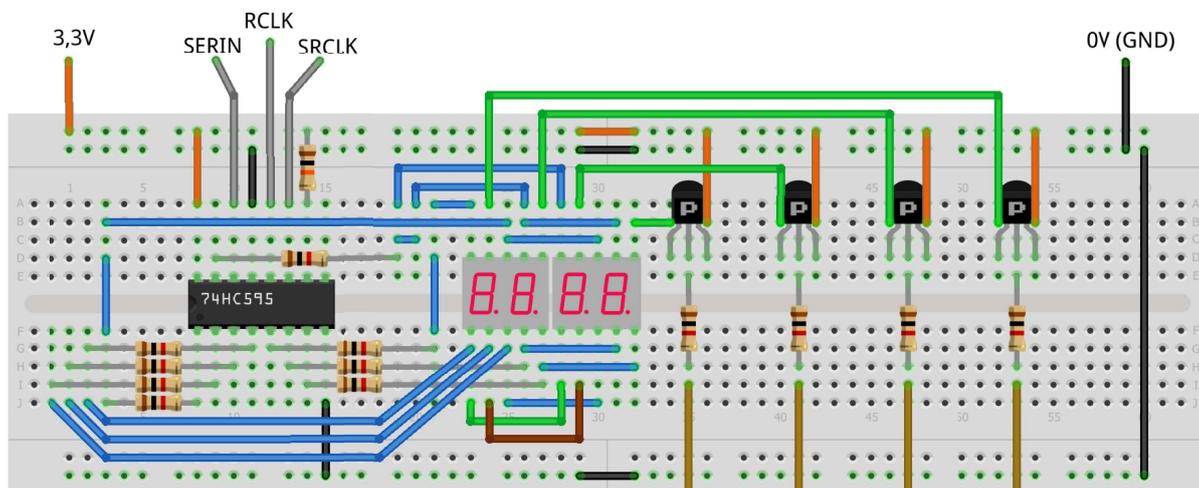
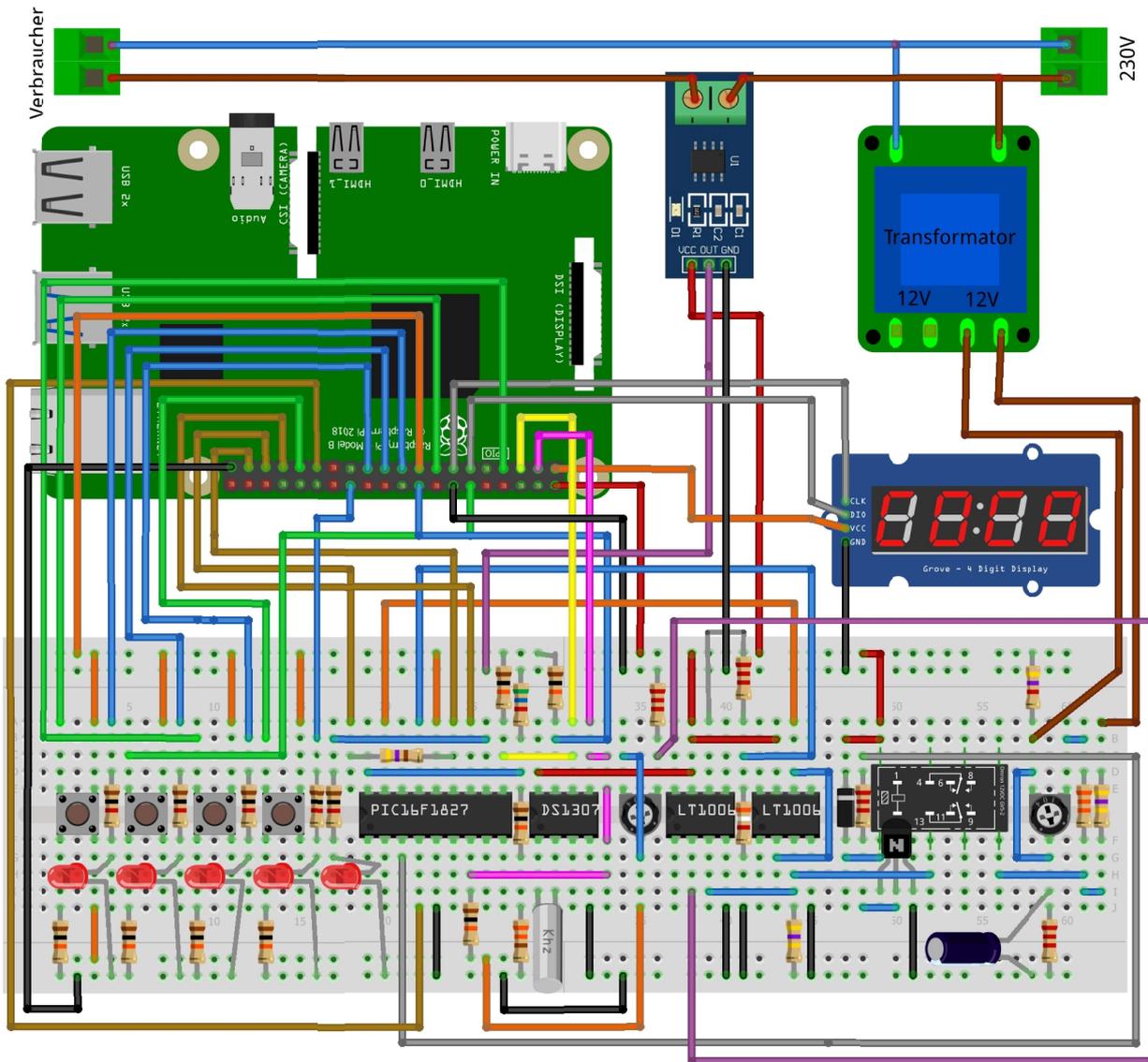


Erasmus+

Smart grid Intelligente Stromnetze 4.0

Projekt Nr. 2018-1-DE02-KA202-005075

Aufbau des didaktischen Smart meters im Praxisunterricht





Einführung Mikrocontroller

Grundlagen für den Bau des smart meters



Im Rahmen des Projektes
„smart grid“
Intelligente Stromnetze 4.0
Projekt Nr. 2018-1-DE02-KA202-005075

Stand August 2021

Was ist ein Mikroprozessor ?

Ein Mikroprozessor (Central Processing Unit, kurz CPU) ist eine integrierte Schaltung, die folgende Funktionsblöcke enthält:

1) Ein Steuerwerk (CU = Control Unit)

Das Steuerwerk hat die Aufgabe, die Befehle des Programmes einzulesen und zu dekodieren. Das Steuerwerk liefert die für die Ausführung des einzelnen Befehls nötigen Steuersignale an das Rechenwerk und an die anderen CPU-Komponenten. Die Steuersignale haben eine festgelegte zeitliche Abfolge¹.

2) Ein Rechenwerk (ALU = Arithmetic Logic Unit)

Das Rechenwerk wird oft auch als Ausführungseinheit¹ bezeichnet, da hier die Befehle ausgeführt werden. Das Rechenwerk führt die vom Steuerwerk über Steuersignale angeforderten Rechenoperationen aus.

3) Viele Register

Register sind im allgemeinen schnelle Zwischenspeicher der CPU. Die Gesamtheit aller Register nennt man Registersatz¹.

Was ist ein Mikroprozessor ?

Ein wichtiges Register ist z.B. das **Befehlsregister** (Instruction Register), das Teil des Steuerwerks ist. In diesem Register befindet sich der auszuführende Befehl.

4) Zähler (Counter)

Damit die CPU ihre Aufgaben ausführen kann, braucht diese Zähler. Ein Beispiel dafür ist der sogenannte **Programmzähler** (Program Counter), der Teil des Steuerwerks ist. Abhängig von der CPU-Architektur enthält dieser Zähler entweder die Adresse des aktuellen Befehls oder des nächsten auszuführenden Befehls².

5) Internes Bussystem

Steuerwerk, Rechenwerk und Registersatz sind über ein internes Bussystem verbunden, das wir in:

- Datenbus
- Adressbus
- einzelne Steuerleitungen aufteilen.

Architektur von Mikroprozessoren

Von Neumann Architektur (1946 John Von Neumann)

Programme und dazugehörige **Daten** der Bearbeitung sind auf demselben Speicher³.

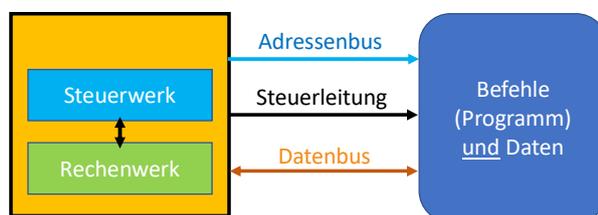


Bild 1



Bild 2

Der Mikroprozessor legt an einen unidirektionalen Adressbus die Adresse der gewünschten Speicherzelle an und liest bzw. schreibt dann den Wert über einen bidirektionalen Datenbus aus dem bzw. in den Speicher. Ob gelesen oder geschrieben wird, wird durch eine Steuerleitung festgelegt.

Filmbeitrag zu John Von Neumann: https://www.youtube.com/watch?v=WTbZRcW_iTM

Architektur von Mikroprozessoren

Harvard Architektur (1946 Howard Aiken)

Der Name „Harvard-Architektur“ hat seinen Ursprung im elektromechanischen Computer Mark I (Kooperation zwischen IBM und der Harvard Universität, 1944)⁴. Howard Aiken hat diesen Rechner entwickelt.

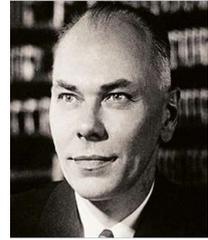


Bild 4

Die Harvard Architektur sieht vor, dass **für das Programm und für die Daten zwei getrennte Speicher** verwendet werden⁴. Jeder Speicher hat sein eigenes Bussystem.

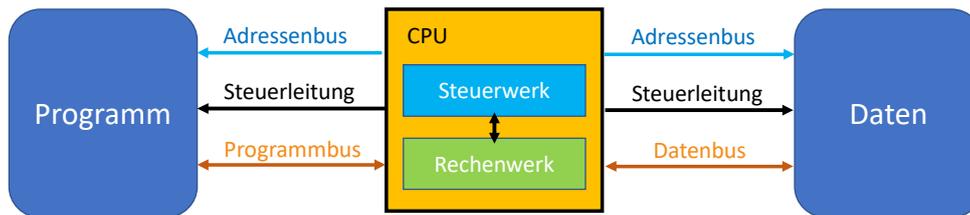


Bild 3

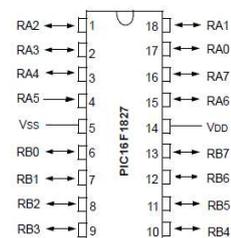
Befehle und Daten können **gleichzeitig** geladen werden⁴. Sehr oft wird diese Architektur für Systeme mit einem reduzierten Befehlssatz (RISC) verwendet.

Was ist ein Mikrocontroller ?

Der Mikrocontroller (MCU, auch μ Controller, kurz μ C,) werden integrierte Halbleiterschaltungen bezeichnet, die einen **Prozessor** und zugleich auch **Peripheriefunktionen** enthalten⁵.

Welche Peripheriefunktionen?

- einen **FLASH**-Speicher für das Programm
- einen **RAM**-Speicher für die Variablen
- mehrere **I/O Ports** (Input Output Ports)
- einen **EEPROM**-Speicher für zusätzliche Daten (z.B. Userdaten)
- einen **AD-Umsetzer** (Analog/Digital Umsetzer)
- einen **DA-Umsetzer** (Digital/Analog Umsetzer)
- einen **Pulsweitenmodulator** (PWM, z.B. um Leuchtdioden zu dimmen)
- einen oder mehrere **Komparator/en**
- **Schnittstellen**, wie z.B. eine serielle Schnittstelle, I2C-Bus , SPI-Bus



Quelle 6

Der Mikrocontroller ist für kleinere, nicht rechenintensive Aufgaben geeignet. In den meisten Fällen wird ein Mikrocontroller **für Steuerungs- und Regelungsaufgaben verwendet**.

Blockschaltbild
unseres
Mikrocontrollers

Wir erkennen die
Harvard
Architektur.

- CPU
- Belongs to μ C CPU Core
- Peripheral Hardware

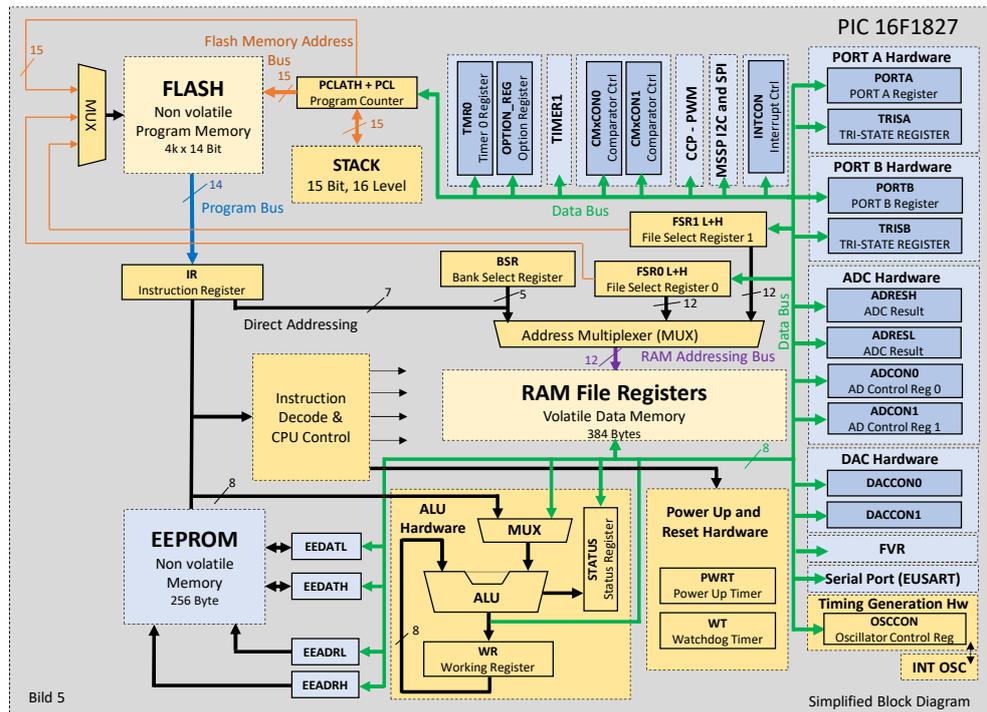


Bild 5

Simplified Block Diagram

Speicherarten im PIC Mikrocontroller: Die Register

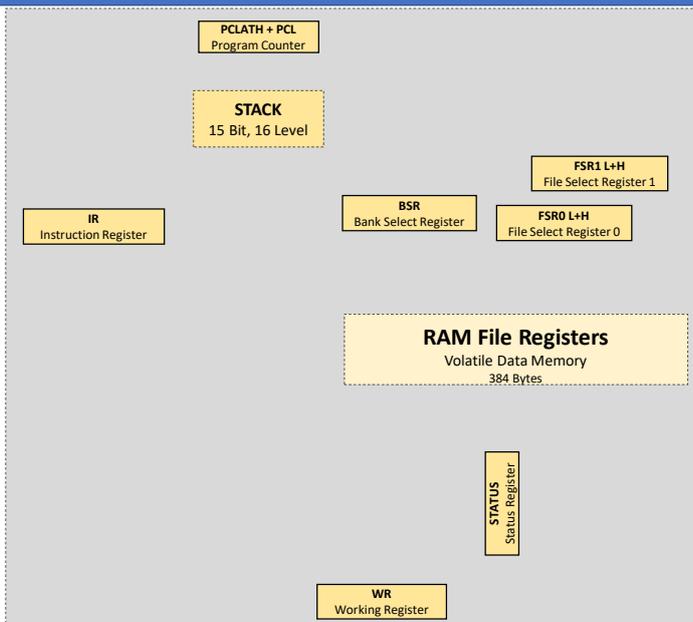


Bild 6

Register sind im allgemeinen **sehr schnelle Zwischenspeicher**. Wir unterscheiden zwischen:

General Purpose Register

Diese Register können vom Programmierer frei gelesen oder beschrieben werden. Sie werden benutzt, um Daten und Speicheradressen abzulegen. Beispiel: Das **RAM** besteht aus General Purpose Registern.

Core Register (Core = CPU)

Diese Register werden für die interne Funktion des Prozessors benötigt und sind daher entweder überhaupt nicht für den Programmierer zugänglich, nur teilweise (Lese- oder Schreibzugriff), oder vollständig zugänglich.

z.B. Instruction Register (Befehlsregister)
Program Counter (Programmzähler)

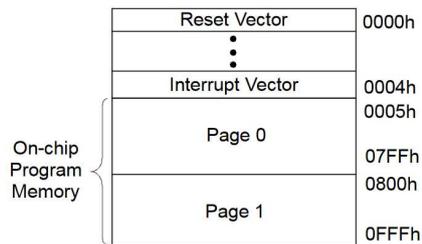
Special function Register

Sind Register, mit denen der Programmierer die Peripheriefunktionen konfigurieren und nutzen kann⁶.

Speicherarten im PIC Mikrocontroller: Der Flash-Speicher

Der Flash-Speicher ist ein **nichtflüchtiger Speicher, der löscht- und wiederbeschreibbar ist**. Er enthält das kompilierte Programm des Mikrocontrollers (Maschinensprache). Unser PIC-Mikrocontroller (PIC16F1827) enthält einen **RISC (Reduced Instruction Set Computer)** Prozessor mit einem Befehlssatz von 49 Befehlen⁶. Der Programmspeicher ist in sogenannten Reihen⁶ (engl. rows) aufgeteilt. Jede Reihe besteht aus 14 Bits und kann einen Befehl enthalten. Demzufolge ist der Flash Programmspeicher Bus **14 Bit** breit.

Der Flash Programmspeicher des PIC 16F1827 ist **4k x 14 Bit⁶** groß (Quelle 6, Table 3-1, Seite 17) und ist in zwei sogenannten Seiten (engl. pages) organisiert.



Quelle 6, Stück des Bildes Figure 3-2, Seite 18

Program Counter und Instruction Register

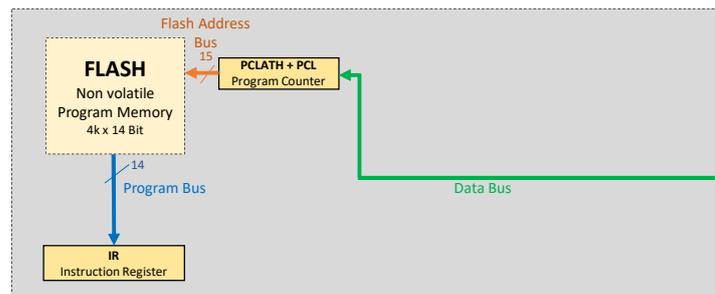


Bild 7

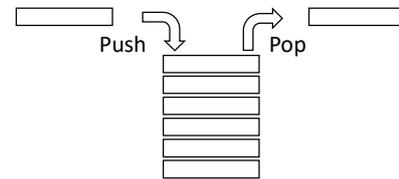
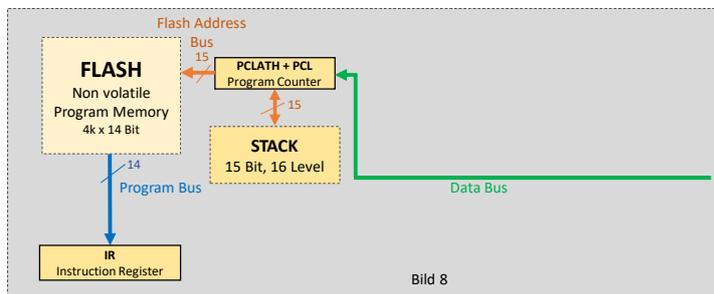
Program Counter

Der Program Counter ist mit einem Lesezeichen vergleichbar. Dieser besteht aus einem doppelten Register. Von den $2 \cdot 8$ Bits = 16 Bits werden 15 Bits für die Adressierung des Flash-Speichers genutzt⁶. Der Program Counter im PIC Mikrocontroller enthält die Adresse des nächsten auszuführenden Befehls des Programmspeichers⁷ (Flash-Speicher).

Instruction Register

Nach der Adressierung wird der Befehl aus dem Flash-Speicher geladen und zunächst in das Befehlsregister (Instruction Register) geschrieben. Der Operation Code, nämlich der erste Teil des Befehls, wird dem Befehlsdecoder zugeführt.

Speicherarten im PIC Mikrocontroller: Der Stack



Stack (LIFO)⁸

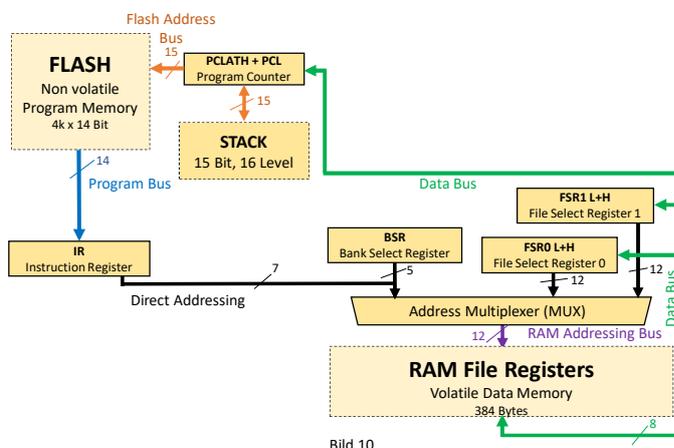
Ein Stapelspeicher, auch Kellerspeicher, Stapel oder Stack genannt, ist ein einfacher Speicher mit beschränktem Zugriff auf die gespeicherten Informationen. Im Stapelspeicher können Daten nur „von oben“ hinzugefügt und von oben entnommen werden. Es gilt also das LIFO-Prinzip (Last in First out). Unser Mikrocontroller hat einen Hardware-Stapelspeicher⁶.

Verwendung:

Interrupt Management

Speicherarten im PIC Mikrocontroller: Das RAM

Das RAM des Mikrocontrollers ist ein **flüchtiger, statischer (und somit schneller) Speicher**. Im Gegensatz zum dynamischen RAM (besteht aus Kondensatoren), besteht jede Speicherzelle (Bit) des statischen RAMs, in seinem Grundaufbau, aus einer bistabilen Kippstufe⁹. Acht von diesen Kippstufen ergeben ein General Purpose Register (für allgemeine Zwecke) des RAMs.



Jedes Register des RAMs unseres Mikrocontrollers besteht aus 8 Bits. Das hat zur Folge, dass der Datenbus nur 8 Bit breit ist. Im Vergleich ist der Program Bus (Flash-Speicher) 14 Bit breit.

Das RAM unseres Mikrocontrollers hat eine Speicherkapazität von 384 Bytes⁶.

Im RAM werden u.a. die Variablen des Programms gespeichert.

ALU (Arithmetic Logic Unit)

Die ALU ist eine Digitalschaltung, welche ein bzw. zwei Operanden A und B am Eingang vorsieht. Diese Operanden können über **arithmetische** oder **logische** Operationen miteinander verknüpft werden.

Arithmetische Operationen

Name	Operation	Beschreibung
Add (Addition)	$X = A + B$	Die beiden Operanden werden binär addiert ($X = A+B$). Sind beide Operanden „1“, entsteht neben dem eigentlichen Ergebnisbit noch ein Übertrag (Carry-Bit).
Mul (Multiplikation)	$X = A \cdot B$	Die beiden Operanden werden binär multipliziert.

Die Subtraktion kann auf eine Addition zurückgeführt werden: $A - B = A + (-B)$

Logische Operationen

Name	Operation	Symbol	Beschreibung
AND	$X = A \wedge B$		Am Ausgang liegt eine „1“ an nur wenn <i>beide</i> Operanden „1“ sind.
OR	$X = A \vee B$		Am Ausgang liegt eine „1“ an, wenn der 1.Operand, oder der 2.Operand oder <i>beide</i> Operanden logisch „1“ sind.
NOT	$X = \bar{A}$		Am Ausgang liegt der entgegengesetzte logische Zustand des Eingangsoperanden an.
XOR	$X = A \oplus B$		Am Ausgang liegt eine „1“ an, nur wenn einer der beiden Operanden logisch „1“ ist (siehe Symbol). In allen anderen Fällen liegt am Ausgang eine logische „0“ an.

8 Bit Integer ALU (Arithmetic Logic Unit)

Welche Operation ausgeführt wird, bestimmt das Steuerwerk **über das Schalten eines Multiplexers (MUX)**. Der Multiplexer ist ein **elektronischer Schalter**, der dem Steuerwerk ermöglicht über eine binären Eingangscode zu entscheiden, welcher der z Eingänge (in unserem Fall die Ergebnisse der einzelnen Operationen) mit dem Ausgang (Ergebnis Ausgang X_n) verbunden werden soll.

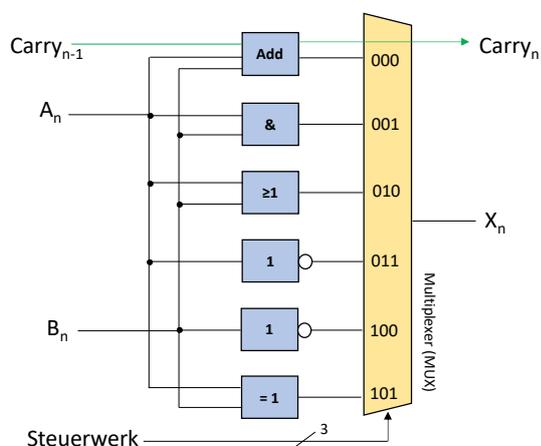


Bild 11: 1 Bit ALU

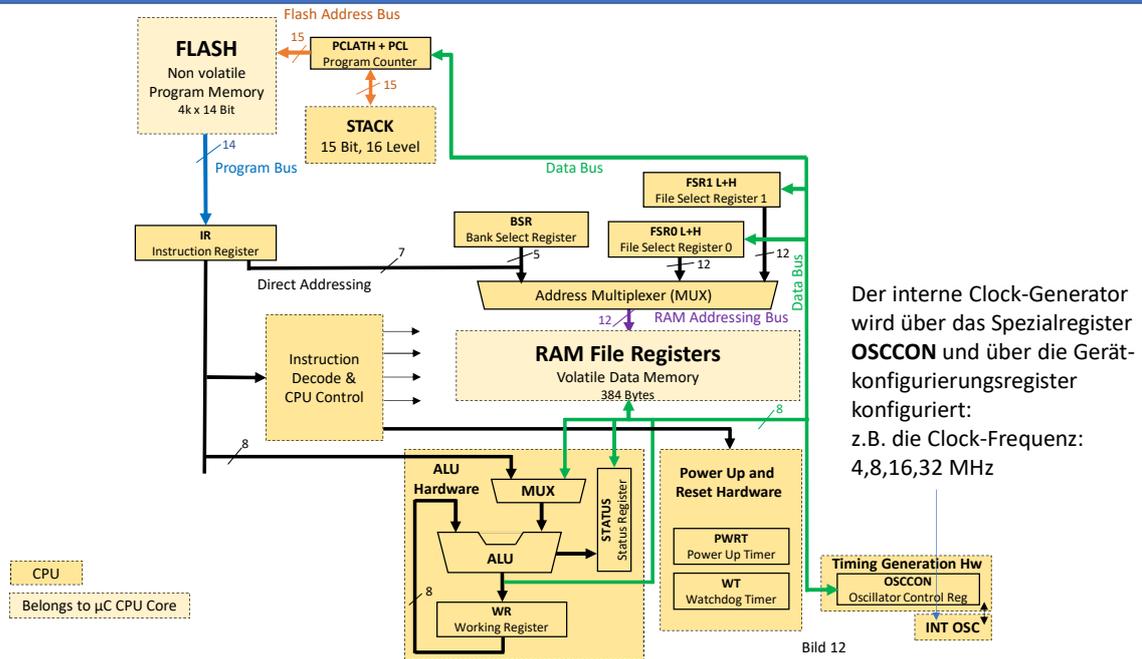
Im Bild 11 ist eine exemplarische 1 Bit ALU gezeichnet. Wenn wir acht davon parallel schalten, dann erhalten wir eine 8 Bit Integer ALU.

Das bei der Addition eventuell entstehende Carry-Bit (Übertrag) wird an den nächsten 1 Bit ALU-Block weitergereicht und dort in der Berechnung der nächsten Stelle berücksichtigt.

Eine Multiplikation kann durch eine Folge von Schiebe- und Addierschritten durchgeführt werden. Deshalb finden wir den Funktionsblock der Multiplikation nicht in der Zeichnung.

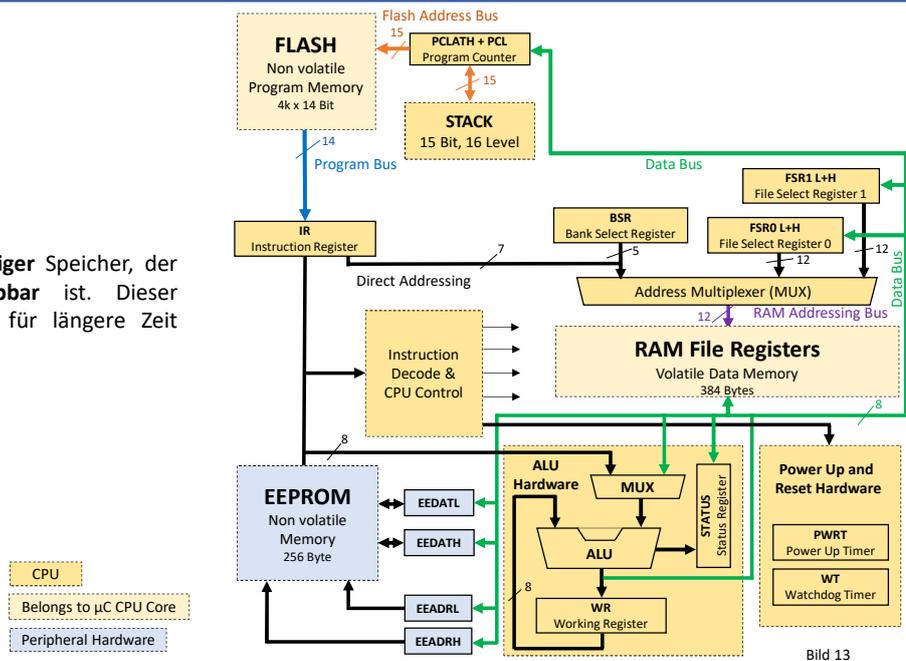
Neben dem eigentlichen Ergebnis werden noch einige Zusatzinformationen zum Ergebnis, im sogenannten **Statusregister**, gespeichert. Das Carry-Bit ist eine dieser Zusatzinformationen.

Der Clock-Generator des Mikrocontrollers (Timing Generation Hardware)



Der EEPROM – Speicher des Mikrocontrollers

Ist ein **langsamer, nichtflüchtiger** Speicher, der **löschen- und wiederbeschreibbar** ist. Dieser Speicher ist geeignet Daten für längere Zeit aufzubewahren/zu speichern.



Quellenverzeichnis

Quelle 1: (20.07.21)

<http://www.ch-r.de/et/nue-atmmk-mikroprozessoren.pdf>

Quelle 2: (20.07.21)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Befehlsz%C3%A4hler>

Quelle 3: (20.07.21)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Von-Neumann-Architektur>

Quelle 4: (20.07.21)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Harvard-Architektur>

Quelle 5: (20.07.21)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Mikrocontroller>

Quelle 6: (20.07.21)

Datenblatt des PIC16(L)F1826/27

<https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41391D.pdf>

Quelle 7: (20.07.21)

<http://www.iamtechnical.com/program-counter-and-program-rom-space-pic>

Quellenverzeichnis

Quelle 8: (20.07.21)

<https://de.wikipedia.org/wiki/Stapelspeicher>

Quelle 9: (20.07.21)

https://de.wikipedia.org/wiki/Static_random-access_memory

Bilderverzeichnis

Bilder 1,3,5 bis 13

Selbst gezeichnete Bilder

Bild 2 (20.07.21)

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:JohnvonNeumann-LosAlamos.gif>

Nennung der Urheberschaft:

LANL, Attribution, via Wikimedia Commons

Bild 4 (20.07.21)

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aiken.jpeg>

Nennung der Urheberschaft:

See page for author, Public domain, via Wikimedia Commons

Die Netzspannung (Steckdose)

In der Physik und Elektrotechnik wird das Bogenmaß verwendet! Deshalb müssen wir unsere Taschenrechner auf **RAD** stellen. Unsere Eingangsvariable x hängt nämlich vom Bogenmaß 2π (fix), von der Frequenz f (fix) und von der Zeit t (unsere Variable) ab.

Die Netzspannung hat einen sinusförmigen Verlauf, der durch die Formel:

gegeben ist.
$$u_{SIN}(t) = U_S \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$$

- U_S ist der Spitzenwert (Amplitude) der sinusförmigen Spannung. Der Spitzenwert der Netzspannung beträgt $U_S=325,27V$.
- f steht für die Frequenz. Die Netzspannung hat eine Frequenz $f = 50Hz$.

Wenn wir diese zwei Größen einsetzen:

$$u_{NETZ}(t) = 325,27V \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 50Hz \cdot t)$$

Die Netzspannung hat eine Frequenz $f = 50Hz$. Der Zusammenhang zwischen Frequenz und Periode ist durch folgende Formel gegeben:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50Hz} = \frac{1}{50\frac{1}{s}} = 0,02s = 20ms$$

Definition:

Die Periode T einer Wechsellspannung ist das kleinste Zeitintervall, nachdem sich der Vorgang wiederholt.

Die Netzspannung (Steckdose): Wertetabelle

Mit mehreren Werten erhalten wir folgende Zeichnung:

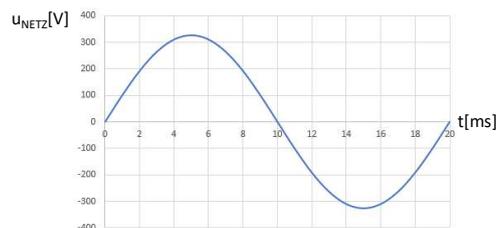


Bild 2

Problem 1:

Die Spannungswerte sind viel zu groß, um von einem AD-Umsetzer eingestuft zu werden.

Lösung:

Mit einem **Transformator** und einem **Spannungsteiler** können wir den Spitzenwert der Sinusspannung reduzieren.

Problem 2:

Unser PIC Mikrocontroller hat eine Betriebsspannung von 3,3V. Der AD-Wandler kann keine negativen Spannungen einstufen.

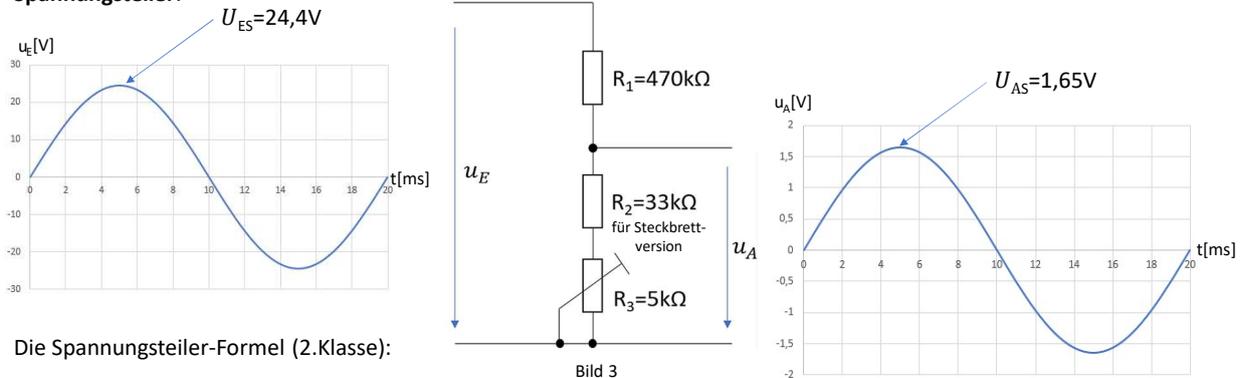
Lösung:

Wir heben die sinusförmige Spannung mit einer Gleichspannung U_{DC} an, sodass beide Halbwellen eingestuft werden können. Dazu verwenden wir einen Spannungsteiler, mit einer Spannungsquelle von 5V, als **Pegelwandler**.

Der PIC Mikrocontroller muss, in der Berechnung der Netzspannung, die Wirkung dieser drei Funktionsblöcke miteinbeziehen.

Transformator + Spannungsteiler

Der Transformator liefert uns eine Leerlauf-Ausgangsspannung mit einem Spitzenwert von $U_E=24,4V$ (gemessen). Wir brauchen eine Spannung mit einem Spitzenwert von $(3,3V/2)=1,65V$. Zu diesem Zweck verwenden wir den **hochohmigen Spannungsteiler**:



Die Spannungsteiler-Formel (2.Klasse):

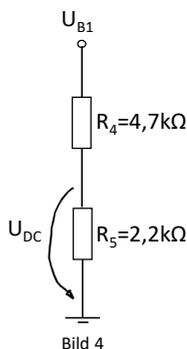
$$\frac{U_{AS}}{U_{ES}} = \frac{R_{23}}{R_1 + R_{23}} \quad \frac{U_{AS}}{U_{ES}} = \frac{1,65V}{24,4V} \approx 0,0676 \quad \frac{U_{AS}}{U_{ES}} = \frac{R_{23}}{470000\Omega + R_{23}} \quad \Rightarrow \quad R_{23} = 34077,7\Omega$$

Somit beträgt der Widerstandswert des Trimmers: $R_3 = R_{23} - R_2 = 34077,7\Omega - 33000\Omega = 1077,7\Omega$

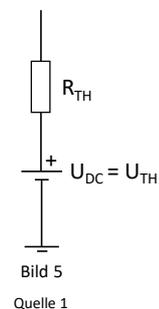
Diese Berechnung bezieht sich auf die Situation ohne Messchaltung.

Anhebung der Wechselspannung mit einem Pegelwandler

Das sinusförmige Ausgangssignal u_A im Bild 3 muss um den Gleichspannungswert $U_{DC}=1,65V$ angehoben werden, damit die Spannungswerte vom AD-Wandler des Mikrocontrollers eingestuft werden können. Der AD-Wandler kann Spannungswerte zwischen 0V und 3,3V einstufen. Dazu wird ein Pegelwandler verwendet. Eine einfache Lösung besteht im Einsatz des Spannungsteilers im Bild 4.



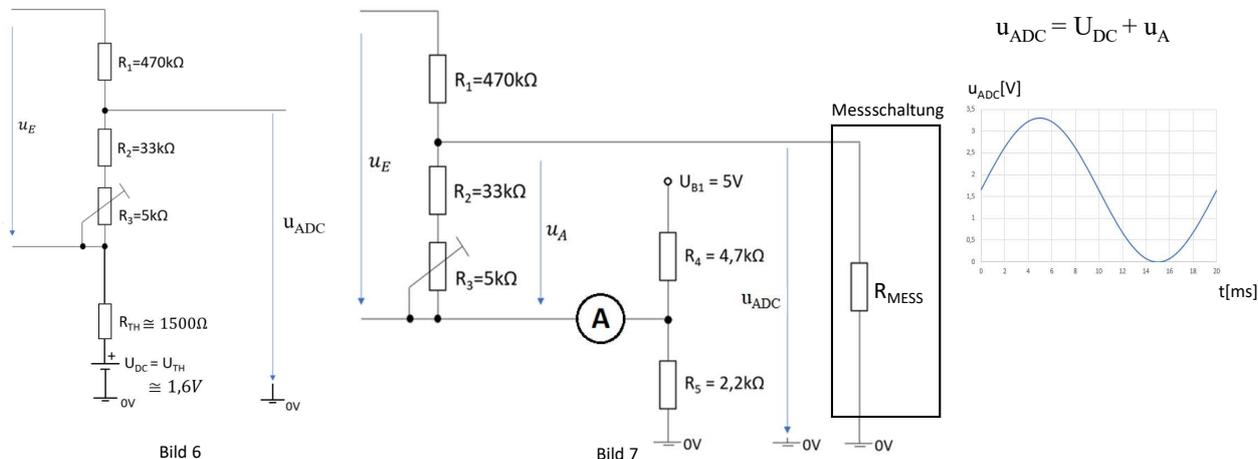
$$\begin{aligned} U_{DC} &= U_{B1} \cdot \frac{R_5}{R_4 + R_5} \\ &= 5V \cdot \frac{2,2k\Omega}{4,7k\Omega + 2,2k\Omega} \approx 1,6V \\ &= U_{TH} \\ R_{TH} &= \frac{U_{Leerlauf}}{I_{Kurzschluss}} = \frac{U_{DC}}{I_{Kurzschluss}} = \frac{1,6V}{0,001064A} \approx 1500\Omega \\ I_{Kurzschluss} &= \frac{U_{B1}}{R_4} = \frac{5V}{4,7k\Omega} \approx 0,001064A \end{aligned}$$



Dieser Pegelwandler wird am hochohmigen Spannungsteiler angeschlossen (Bild 3). Um die Belastung des hochohmigen Spannungsteilers, durch den Pegelwandler, auszuwerten, verwenden wir das Ersatzschaltbild nach dem Thévenin-Theorem¹ (Bild 5).

Hochohmiger Spannungsteiler und Pegelwandler

Das Strommessgerät im Bild 7 misst einen vernachlässigbar kleinen Wechselstrom von $4,2\mu\text{A}$ bei angeschlossener Messschaltung. Somit ist die Wirkung des Widerstands R_{TH} (Bild 6) vernachlässigbar. Wir können schreiben, dass:



Der Widerstand R_{MESS} stellt den Eingangswiderstand der Messschaltung dar. Da die OPV-Schaltung des Spannungsfollowers einen sehr hohen Eingangswiderstand hat, kann dieser Wert für die Berechnung von R_{MESS} vernachlässigt werden. Übrig bleibt ein Pull Down Widerstand, mit einem Wert von $470\text{k}\Omega$ (siehe Schaltplan). Dieser Widerstand hat die Funktion, den

Hochohmiger Spannungsteiler und Pegelwandler

Eingang des Spannungsfollowers auf Masse zu schalten, wenn das Relais im stromlosen Zustand ist. Somit ist R_{MESS} :

$$R_{MESS} \cong 470\text{k}\Omega$$

Durch Nachstellen des Trimmer-Wertes R_3 kann die nötige Amplitude der Sinusspannung u_{ADC} erreicht werden.

Quellen- und Bilderverzeichnis

Quelle 1 (20.07.2021)
<https://de.wikipedia.org/wiki/Th%C3%A9venin-Theorem>

Bild 1 bis 7
 Selbst gezeichnete Bilder



Einstufung einer Wechselspannung

Im Rahmen des Projektes
„smart grid“
Intelligente Stromnetze 4.0
Projekt Nr. 2018-1-DE02-KA202-005075

Stand August 2021

Bestimmung der Abtastperiode T_s

Die angegebene Sinusspannung im Bild 1 hat eine Frequenz $f=50\text{Hz}$ (=Netzfrequenz) und somit eine Periode T :

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50\text{Hz}} = 0,020\text{s} = 20\text{ms}$$

Wir stellen uns die Frage, mit welcher Periode T_s der AD-Wandler das Signal abtasten/einstufen muss, sodass wir dieses Signal auf dem Bildschirm „korrekt“ darstellen können?

Um diese Frage zu beantworten, brauchen wir das **Abtasttheorem von Shannon**:

Ein kontinuierliches, bandbegrenzte Signal, mit einer Maximalfrequenz f_{max} muss mit einer Frequenz f_s (S = Sampling)

$$f_s > 2 \cdot f_{\text{max}}$$

abgetastet werden², damit man aus dem so erhaltenen zeitdiskreten Signal das Ursprungssignal, **ohne Informationsverlust**, rekonstruieren kann.

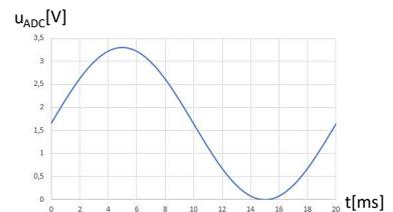


Bild 1



Bild 2

Bestimmung der Abtastperiode Ts

In unserem Fall ist $f_{max} = 50\text{Hz}$, nämlich die Frequenz der angehobenen Sinusschwingung. Somit gilt, dass:

$$f_s > 2 \cdot f_{max} \quad \rightarrow \quad f_s > 100\text{Hz}$$

Die Abtastperiode T_s ist der **Kehrwert der Abtastfrequenz** f_s . Die Bedingung wird somit:

$$T_s = \frac{1}{f_s} < 0,01\text{s}$$

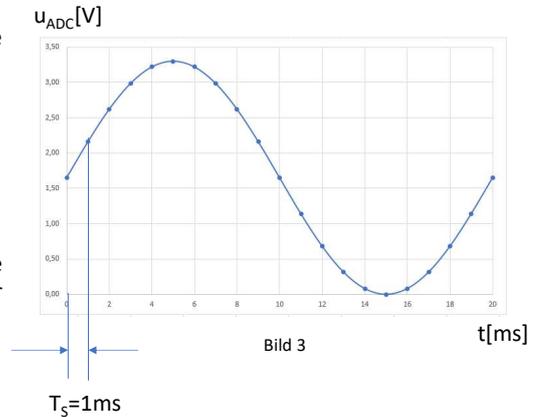
und somit:

$$T_s < 10\text{ms}$$

Unsere Sinusschwingung hat eine Periode $T=20\text{ms}$. Wenn wir eine Abtastperiode $T_s=1\text{ms}$ wählen, sprich jede ms einen Wert der Sinusspannung einstufen, dann:

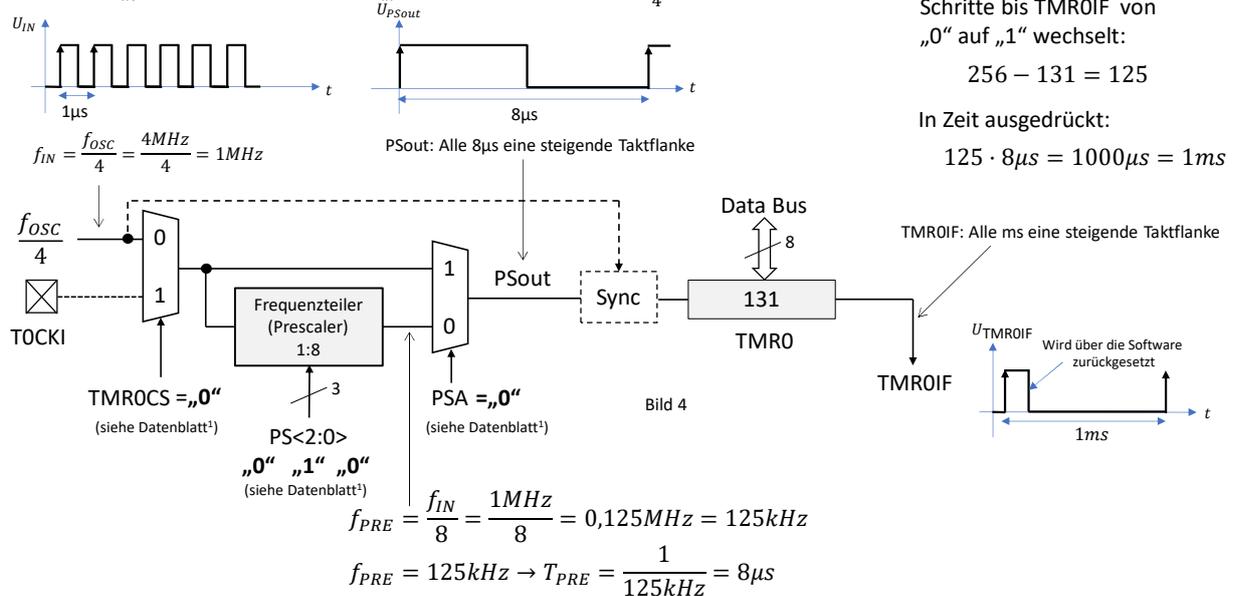
- halten wir das Theorem von Shannon ein
- erhalten wir in einer Periode 20 Werte der Sinusschwingung

$$n = \frac{T}{T_s} = \frac{20\text{ms}}{1\text{ms}} = 20$$



Konfigurierung der Timer0-Hardware des Mikrocontrollers

Das Beispiel im Bild 4 bezieht sich auf eine Clock-Frequenz des Mikrocontrollers von $f_{osc} = 4\text{MHz}$. Der Timer0-Hardware steht das Signal U_{IN} mit einer Frequenz von $f_{in} = 1\text{MHz}$ zur Verfügung ($= \frac{f_{osc}}{4}$).



Konfigurierung der Timer0 – Hardware des PIC-Mikrocontrollers

Im Bild 4 sehen wir die Schritte, damit die Timer0-Hardware ein Signal mit einer Interrupt-Periode T_{TMR0IF} von 1ms erzeugt. Folgende Formel zeigt uns, wie der TMR0-Startwert, in Funktion der gewünschten Interrupt-Periode, berechnet wird³:

$$\text{TMR0} = (256 - T_{\text{TMR0IF}} \cdot \frac{f_{\text{OSC}}}{4 \cdot \text{PS}}) + x$$

Dieser Startwert muss von der Software, nach jedem Interrupt, ins TMR0-Zählerregister geschrieben werden. Nach einem Schreibvorgang wird für zwei Befehlszyklen die TMR0-Inkrementierung deaktiviert³. Der Wert x in der Formel ist die Anzahl der Zählsschritte, die während dieser Zeit verloren gehen³. In unserem Beispiel betragen die Befehlszykluszeit und die Verzögerungszeit (Schreibvorgang):

$$T_{\text{cyc}} = \frac{1}{\frac{f_{\text{OSC}}}{4}} = \frac{1}{1 \cdot 10^6 \text{ Hz}} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 1 \mu\text{s} \quad t_{\text{delay}} = 2 \cdot 1 \mu\text{s} = 2 \mu\text{s}$$

Somit können wir die x -Werte in Abhängigkeit der Einstellung des Frequenzteilers berechnen. Wir sehen in der Tabelle, dass bereits ab einer Einstellung des Frequenzteilers von 1:4, der Wert $x=0$ ist. Im Beispiel beträgt die Einstellung **1:8**.

Frequenzteiler	T_{PSout}	$T_{\text{PSout}} \cdot x = t_{\text{delay}}$	Berechnung x	Ganze Zahl x
1:1	1 μs	1 $\mu\text{s} \cdot x = 2 \mu\text{s}$	2	2
1:2	2 μs	2 $\mu\text{s} \cdot x = 2 \mu\text{s}$	1	1
1:4	4 μs	4 $\mu\text{s} \cdot x = 2 \mu\text{s}$	0,5	0
1:8	8 μs	8 $\mu\text{s} \cdot x = 2 \mu\text{s}$	0,25	0

Die Formel reduziert sich und liefert uns:

$$\text{TMR0} = (256 - 0,001\text{s} \cdot \frac{4 \cdot 10^6 \text{ Hz}}{4 \cdot 8}) = 131$$

nämlich die Angabe im Bild 4.

Konfigurierung der Timer0 – Hardware des PIC-Mikrocontrollers

REGISTER 20-1: OPTION_REG: OPTION REGISTER

| R/W-1/1 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| WPUEN | INTEDG | TMR0CS | TMR0SE | PSA | PS<2:0> | | |
| bit 7 | | | | | | | bit 0 |

Legend:		
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
u = Bit is unchanged	x = Bit is unknown	-n/n = Value at POR and BOR/Value at all other Resets
'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	

- bit 7 **WPUEN:** Weak Pull-up Enable bit
1 = All weak pull-ups are disabled (except MCLR, if it is enabled)
0 = Weak pull-ups are enabled by individual WPUx latch values
- bit 6 **INTEDG:** Interrupt Edge Select bit
1 = Interrupt on rising edge of INT pin
0 = Interrupt on falling edge of INT pin
- bit 5 **TMR0CS:** Timer0 Clock Source Select bit
1 = Transition on TOCKI pin
0 = Internal instruction cycle clock (Fosc/4) ←
- bit 4 **TMR0SE:** Timer0 Source Edge Select bit
1 = Increment on high-to-low transition on TOCKI pin
0 = Increment on low-to-high transition on TOCKI pin
- bit 3 **PSA:** Prescaler Assignment bit
1 = Prescaler is not assigned to the Timer0 module
0 = Prescaler is assigned to the Timer0 module ←
- bit 2:0 **PS<2:0>:** Prescaler Rate Select bits

Bit Value	Timer0 Rate
000	1:2
001	1:4
010	1:8
011	1:16
100	1:32
101	1:64
110	1:128
111	1:256

Quelle 1

Quelle 1: (16.08.21)

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/41391d.pdf>

Quelle 2: (16.08.21)

<https://uol.de/f/5/inst/physik/ag/physikpraktika/download/GPR/pdf/Fourieranalyse.pdf>

Quelle 3: (16.08.21)

<http://picguides.com/beginner/timers.php>

Bilder 1 und 3

Selbst gezeichnete Bilder

Bild 2: (16.08.21)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ClaudeShannon_MFO3807.jpg

Nennung der Urheberschaft:

Jacobs, Konrad, CC BY-SA 2.0 DE <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/de/deed.en>>, via Wikimedia Commons

Bild 4

Vereinfachte Darstellung der TMR0-Hardware

Selbst gezeichnetes Bild

7.2 Mit dem Raspberry Pi einen Energiezähler bauen

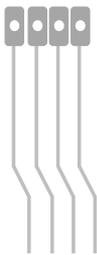
In der folgenden Dokumentation wird die Realisierung eines smart meters im Rahmen einer Laborübung vorgestellt. Die Bauteile werden auf dem Steckbrett positioniert, miteinander verbunden und dann mit den restlichen Baugruppen verkabelt.



Landesberufsschule für Handwerk und Industrie BZ



Aufbau des smart meters auf einem Steckbrett Mit dem Raspberry Pi einen Energiezähler bauen



Im Rahmen des Projektes
„smart grid“
Intelligente Stromnetze 4.0
Projekt Nr. 2018-1-DE02-KA202-005075

Stand August 2021

Was ist das Raspberry Pi?

Der Raspberry Pi ist ein Einplatinencomputer (Single Board Computer), der vom britischen Hersteller „Raspberry Pi Foundation“ entwickelt wird.

Das Raspberry Pi enthält ein sogenanntes „System on a Chip“, kurz SoC genannt, das:

- einen Mikroprozessor
- eine Grafikeinheit (Broadcom VideoCore GPU)
- Peripherien, wie z.B.:
 - Timer
 - GPIO (General Purpose Input/Output)
 - Serielle Schnittstellen
 - I2C-Busse
 - SPI-Busse
 - PWM (Pulsweitenmodulatoren)

enthält.

Wenn wir auf diese Liste schauen, dann würden wir das SoC des Raspberry Pis eher als einen fortgeschrittenen Mikrocontroller bezeichnen.

Das Raspberry Pi 4 zeigt uns aber einen deutlichen Unterschied zum unserem Mikrocontrollermodell. Das SoC (BCM2711) hat nämlich keinen internen RAM-Speicher. Der RAM-Speicher befindet sich in einem zusätzlichen integrierten Baustein auf der Platine.

Raspberry Pi 4 Model B

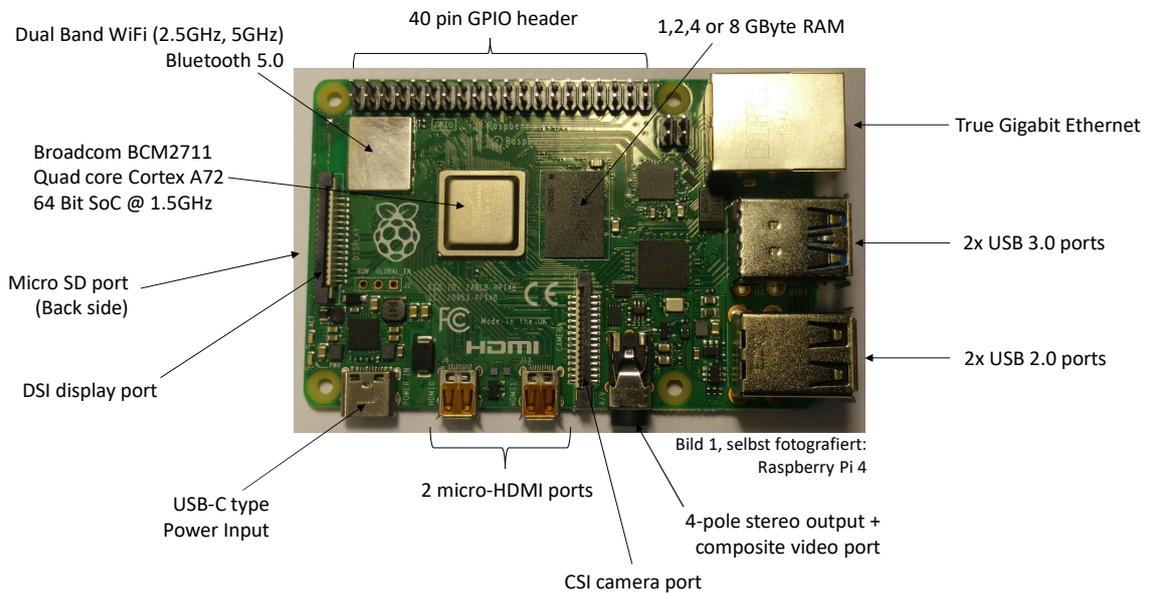


Bild 1: Übersicht Raspberry Pi 4

Bauteile und Baugruppen positionieren

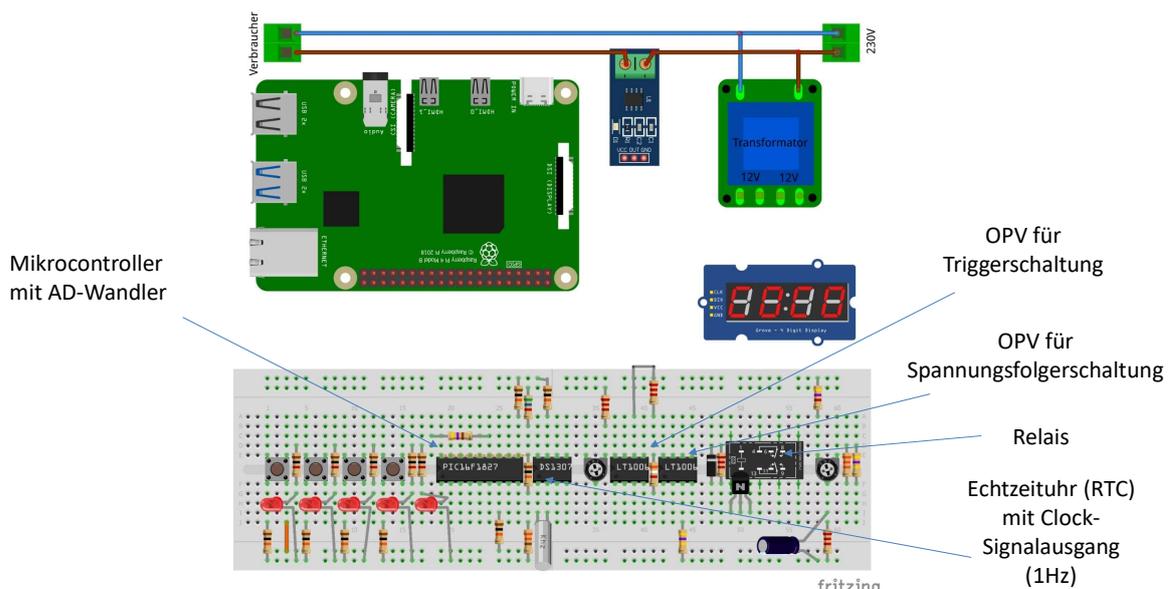


Bild 2: Erstellt mit der Software: <https://fritzing.org/>

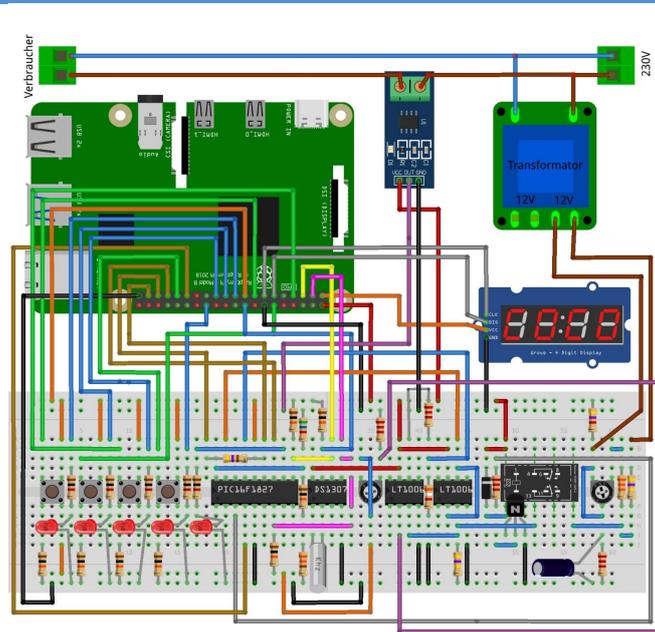


Bild 3: Erstellt mit der Software: <https://fritzing.org/> fritzing

Sicherung (2A) im Laststromkreis

Sicherung (100mA) Messtransformator

Gehäuse aus Plexiglas:
Schutzmaßnahme
gegen direktes
Berühren

Sicherung (50mA) im Falle von
Kurzschlüssen im
Schutzkleinspannungsbereich der
Messschaltung

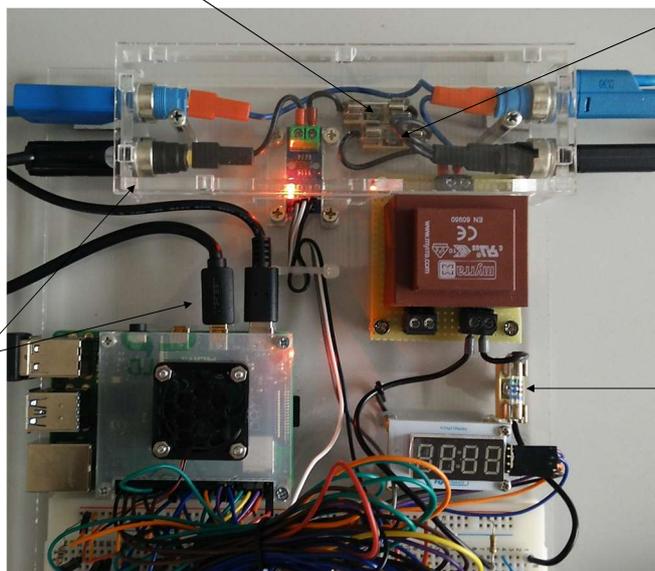


Bild 4, selbst fotografiert: Sicherheitsmaßnahmen



Erasmus+

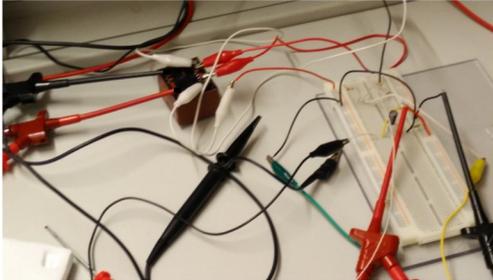
Smart grid Intelligente Stromnetze 4.0

Projekt Nr. 2018-1-DE02-KA202-005075

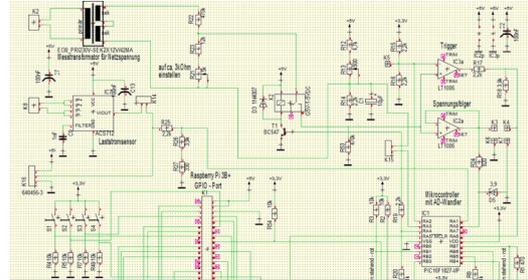


Entwurf und Bau eines didaktischen smart meters für den Theorieunterricht und für Schülerprojekte

Schaltplan

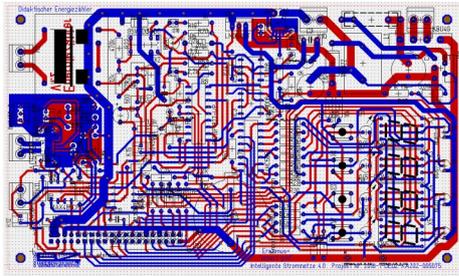


Ausführen der Messungen

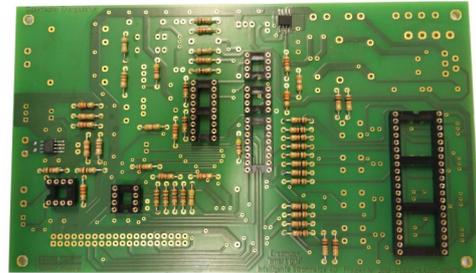


Zeichnen des Schaltplanes

Platine

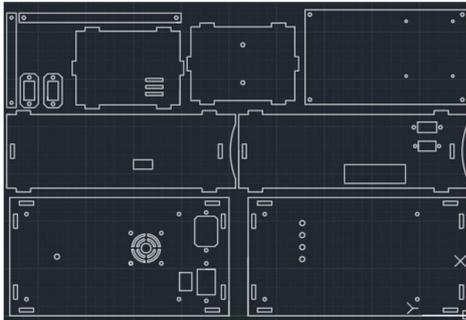


Entwurf der Platine

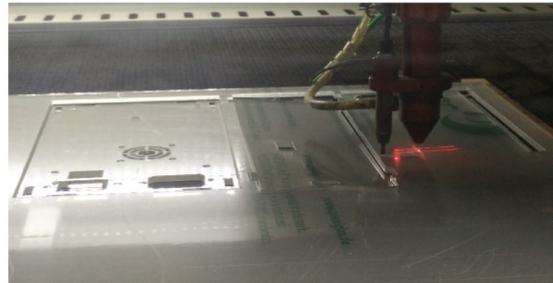


Fertigung und Bestückung der Platine

Gehäuse

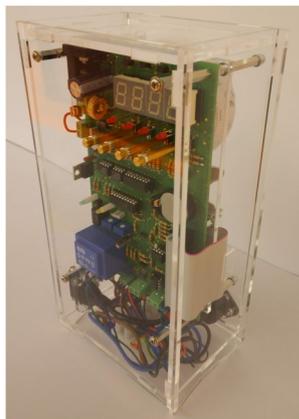


Entwurf des Gehäuses



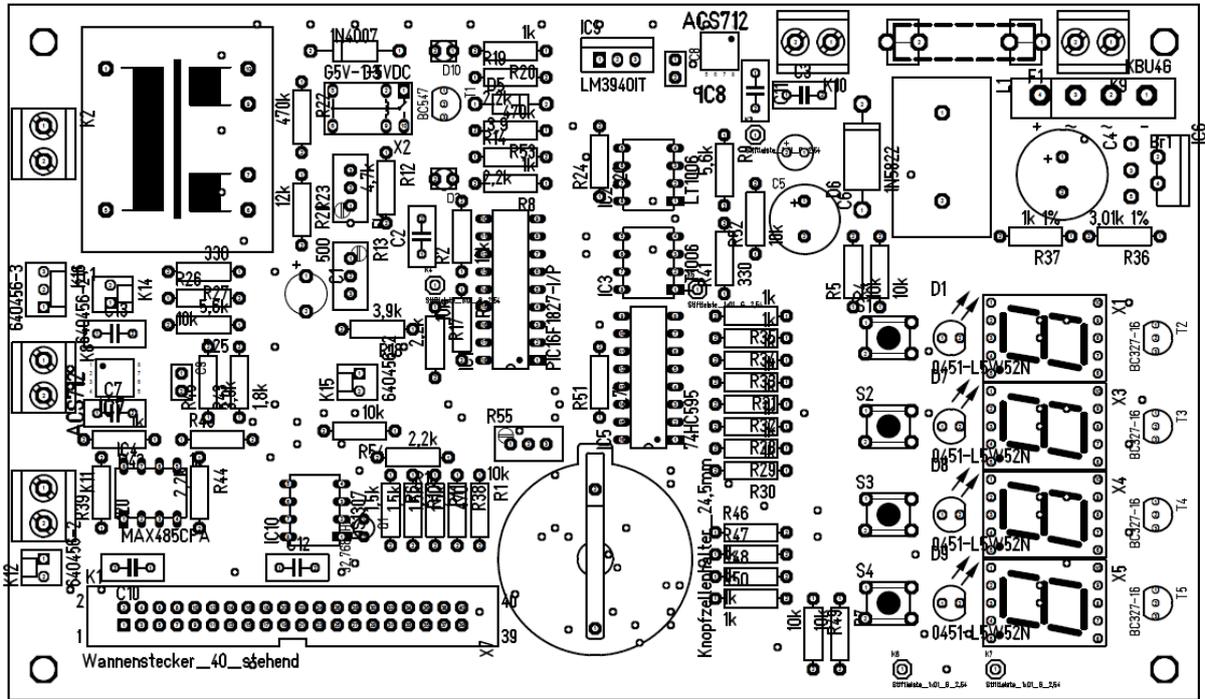
Lasern des Gehäuses aus einer Plexiglasplatte

Didaktisches smart meter

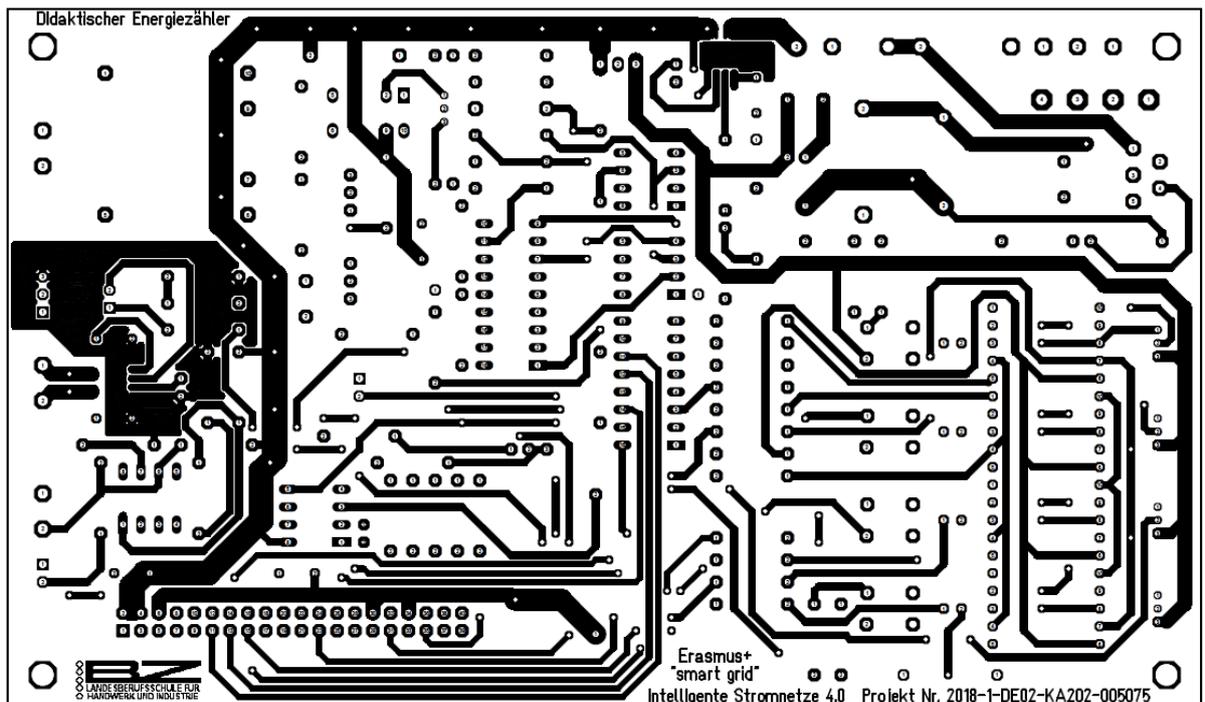


7.3 Die Platine des Energiezählers

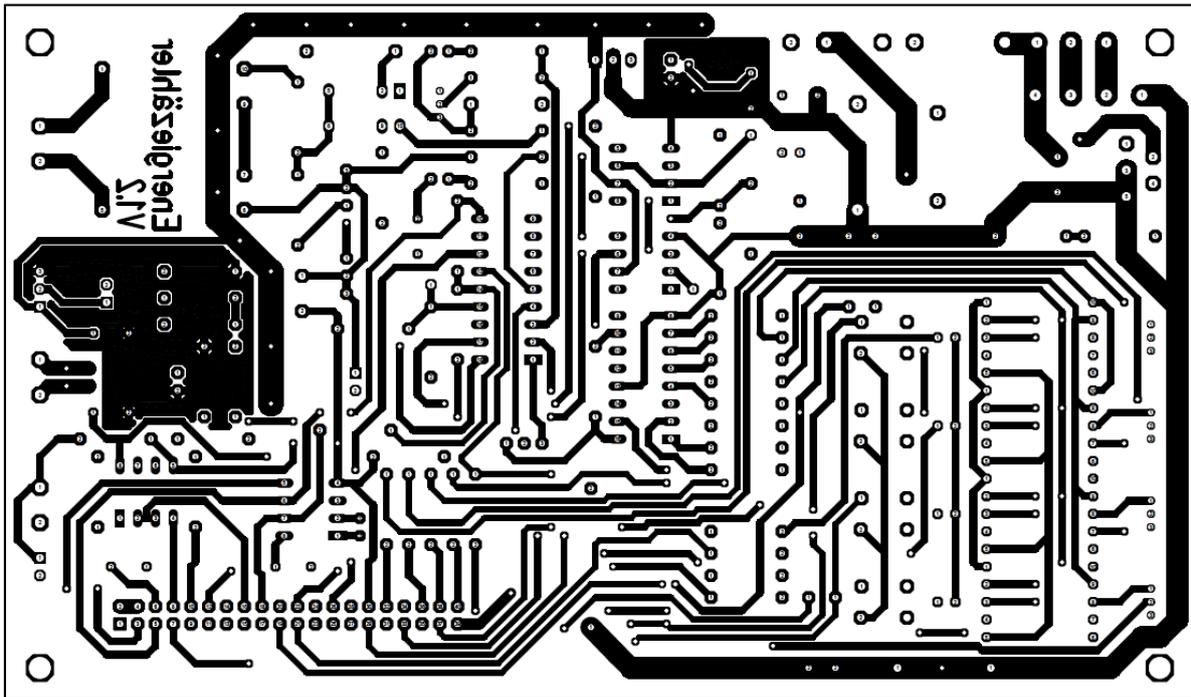
Aufbauend auf den Erkenntnissen aus der Laborübung wurde das smart meter für den Theorieunterricht gebaut.



Bauteileansicht (Bestückungsseite)



Bestückungsseite der Platine



Lötseite der Platine



Taster 1:
Anzeigewert der
„genutzten“
Energie in kWh

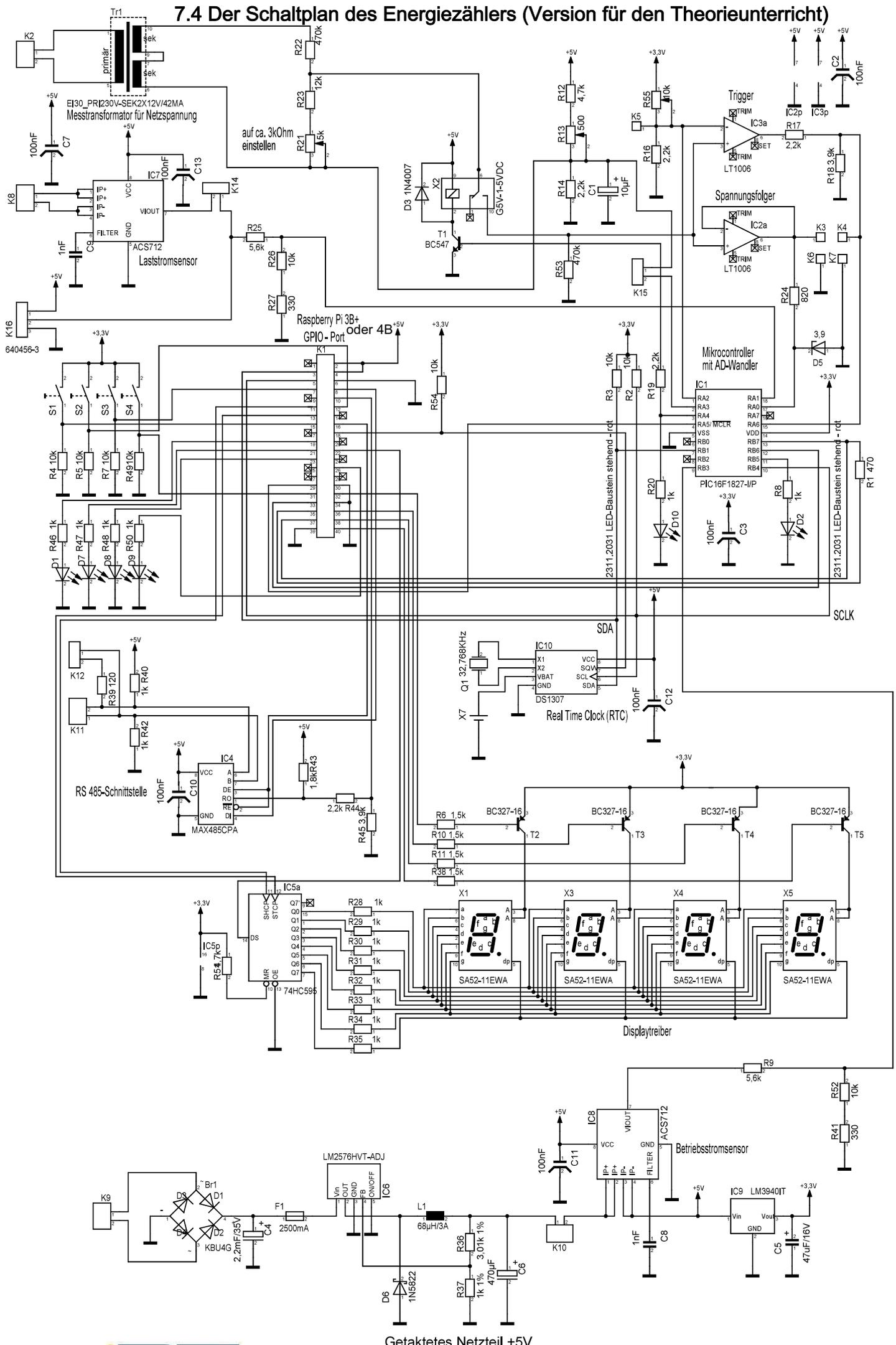
Taster 2:
Anzeigewert der
Wirkleistung
in W

Taster 4:
Anzeigewert des
Effektivwertes
des Stromes in A

Taster 3:
Anzeigewert des
Effektivwertes der
Netzspannung in V

Didaktisches smart meter (Version für Theorieunterricht)

7.4 Der Schaltplan des Energiezählers (Version für den Theorieunterricht)



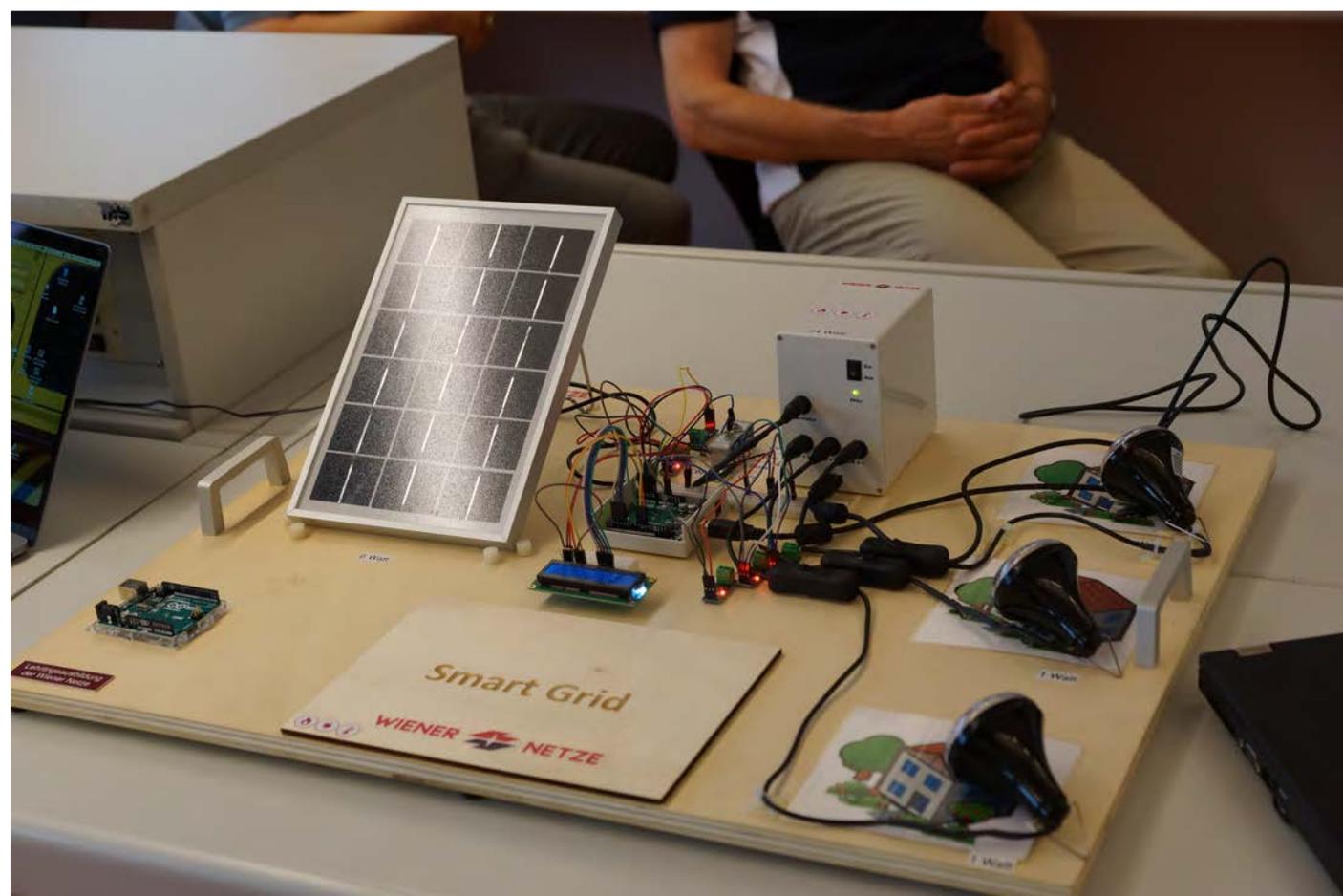
8. Das smart grid als Praxismodell

Als praktischen Teil des Projekts wurden in Wien (Ausbildungsunternehmen WienerNetze) und Darmstadt (Ausbildungsunternehmen Technische Universität Darmstadt und Gesellschaft für Schwerionenforschung) drei Modelle für Smart-Grid-Simulationen entwickelt. Der didaktische Einsatz der Modelle zielt auf Messübungen, System- und Programmierkenntnisse (z.B. Arduino oder Raspberry Pi) sowie die Montage und die technische Einrichtung des Modells. Es hat sich bewährt, das Modell im Unterricht oder im Ausbildungsbetrieb nachzubauen. Die Unterlagen wurden von den Betrieben zur Verfügung gestellt.

Kontakt: smartgrid@hems.de

8.1 Erste Überlegungen und Ansätze

Unteres Bild zeigt das erste erstellte smart grid Praxismodell für die Darstellung von Szenarien im Unterricht und darauf abgestimmte Messübungen. Zudem hat sich herausgestellt, dass der Nachbau in der Berufsschule und/oder im Ausbildungsbetrieb (Lernortkooperation) und damit die gesamte Montage und Einrichtung des Modells vielerlei Lerninhalte beinhaltet und das selbstständige, handlungsorientierte Lernen im Projekt fördert.



Smart Grid Konzept 1.0



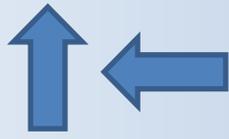
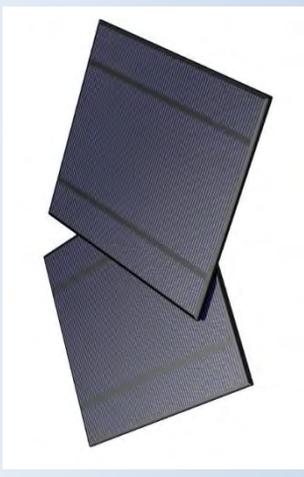
Spannungsquelle
Labor ?



Energiespeicher



Alternative
Energiequelle



Strommessmodul
ACS 712



Relaismodul
VMA 400



Arduino Rev 3

Verbraucher



LCD Display



Smart Grid Konzept 2.0



Alternative
Energiequelle

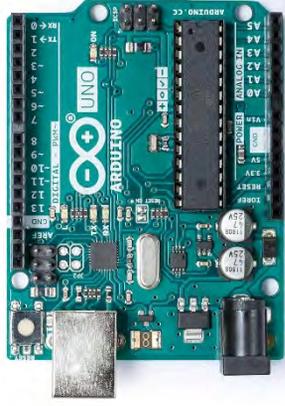
Spannungsquelle
Energiespeicher



Strommessmodul
ACS 712



Relaismodul
VMA 400



Arduino Rev 3

Smart Grid

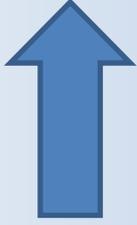
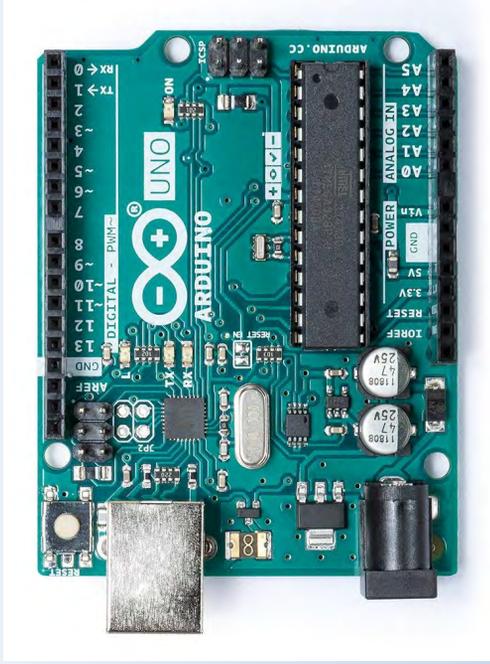


Auswertung und
Anzeige

Verbraucher



Smart Grid Auswertung 1/2



110

Aktueller Leistungsbedarf					
U1 / V	I1 / A	P1 / W	PΣ / W	WΣ / Wh	
5,00	0,20	1,00			
U2 / V	I2 / A	P2 / W			
4,90	0,20	0,98			
U3 / V	I3 / A	P3 / W			
5,00	0,19	0,95	2,93	14,65	

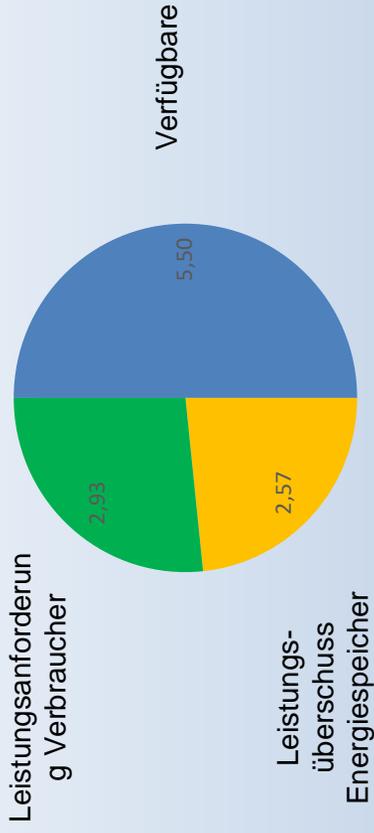
Verfügbare Leistung					
WQ / Wh	WB / Wh	WA / Wh	WΣ / Wh	WV / Wh	
3,00	1,50	1,00	5,50	3,00	

Lastmanagement			
WΣ / Wh	WV / Wh	WÜ / Wh	
5,50	3,00	-2,50	

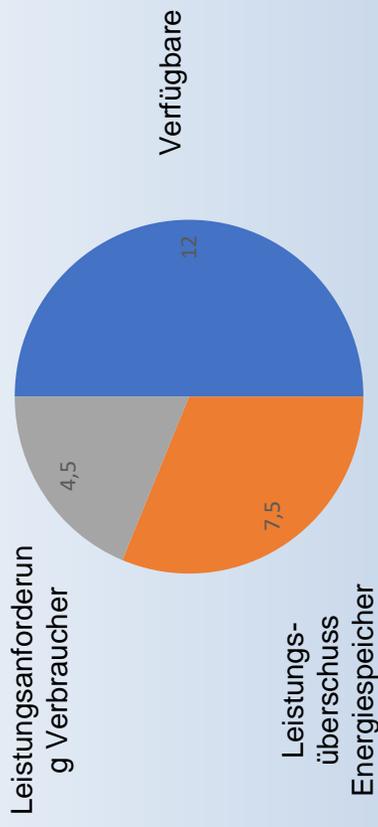
Smart Grid Auswertung 2/2



Leistungsübersicht BSETM

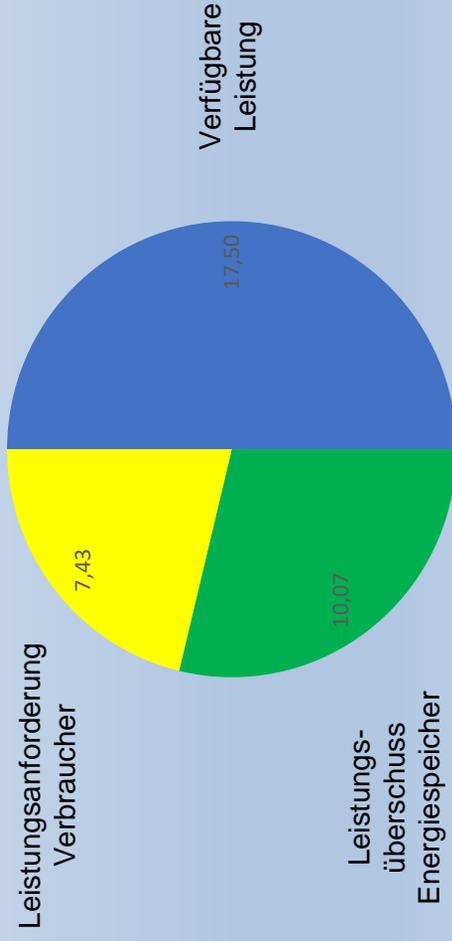


Leistungsübersicht HEMS



11

Leistungsübersicht Europa



EU

Unterschiedlich Varianten der Smart Grid Systeme in den einzelnen Schulen !

Bedingt durch:

- Ausbildungszeitraum
- Lehrplan
- Didaktische Zugänge
- usw.

Verknüpfung sämtlicher Smart Grid Systeme durch gemeinsame Datenauswertung und Darstellung.

Vorteile:

- Einzelbearbeitung und Auswertung in den Schulen.
- In die vorhandenen landesüblichen Vorgänge wird nicht eingegriffen.
- Summenbildung sämtlicher übermittelter Daten in den Schulen als auch EU Zentral auswertbar.
- Gemeinsame Darstellung möglich.
- usw.

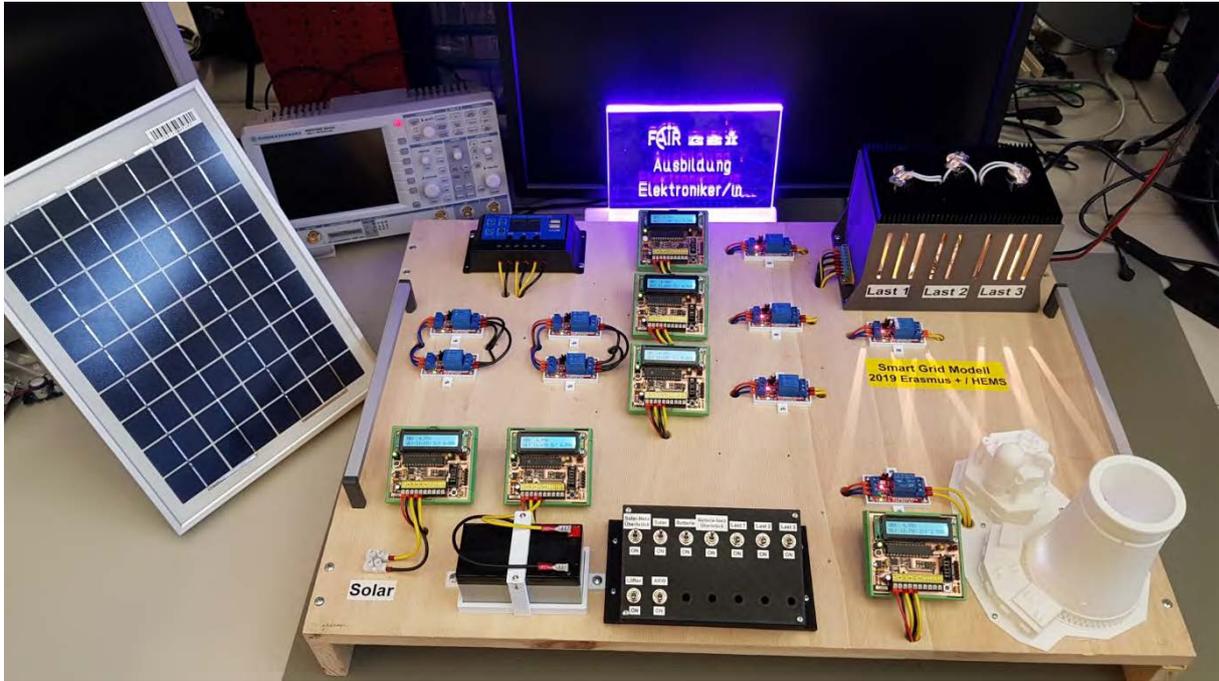


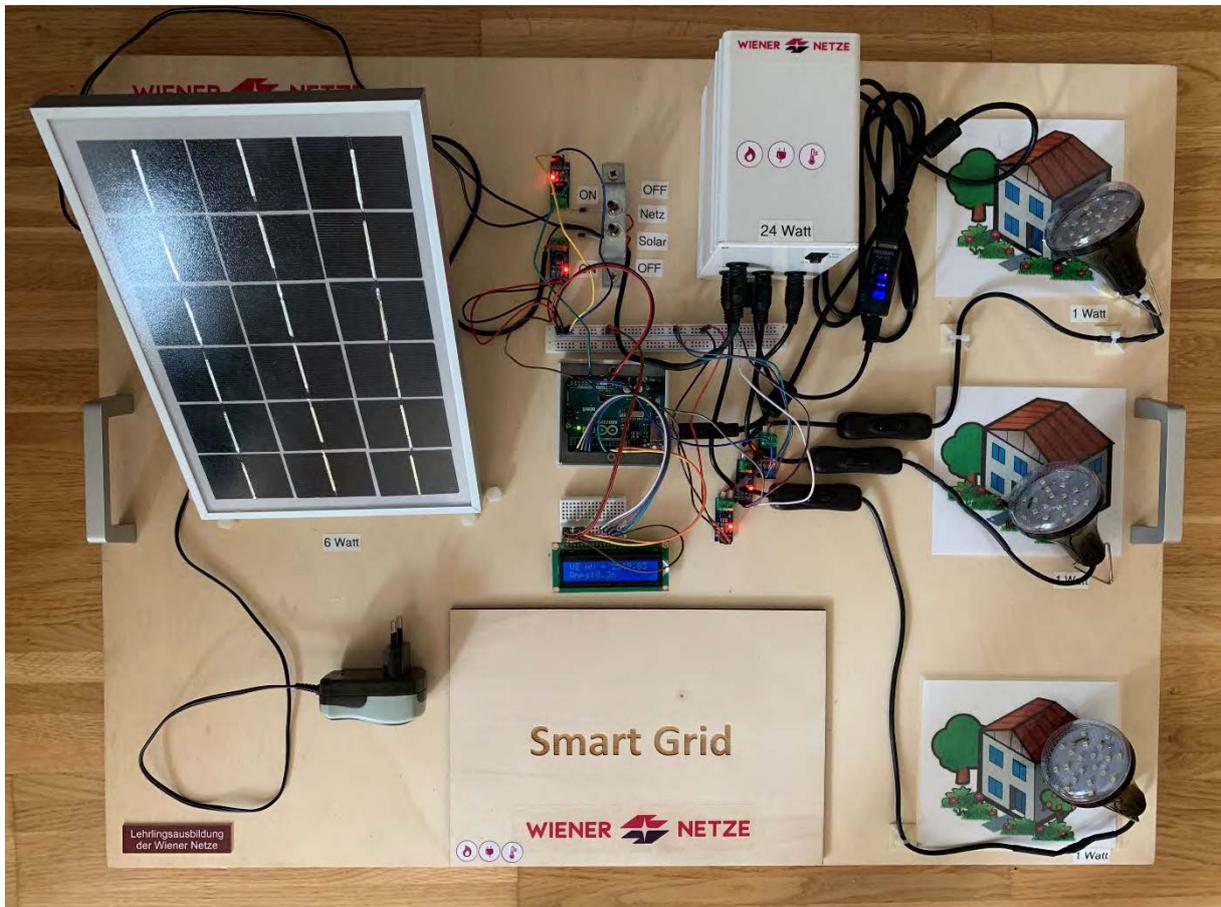
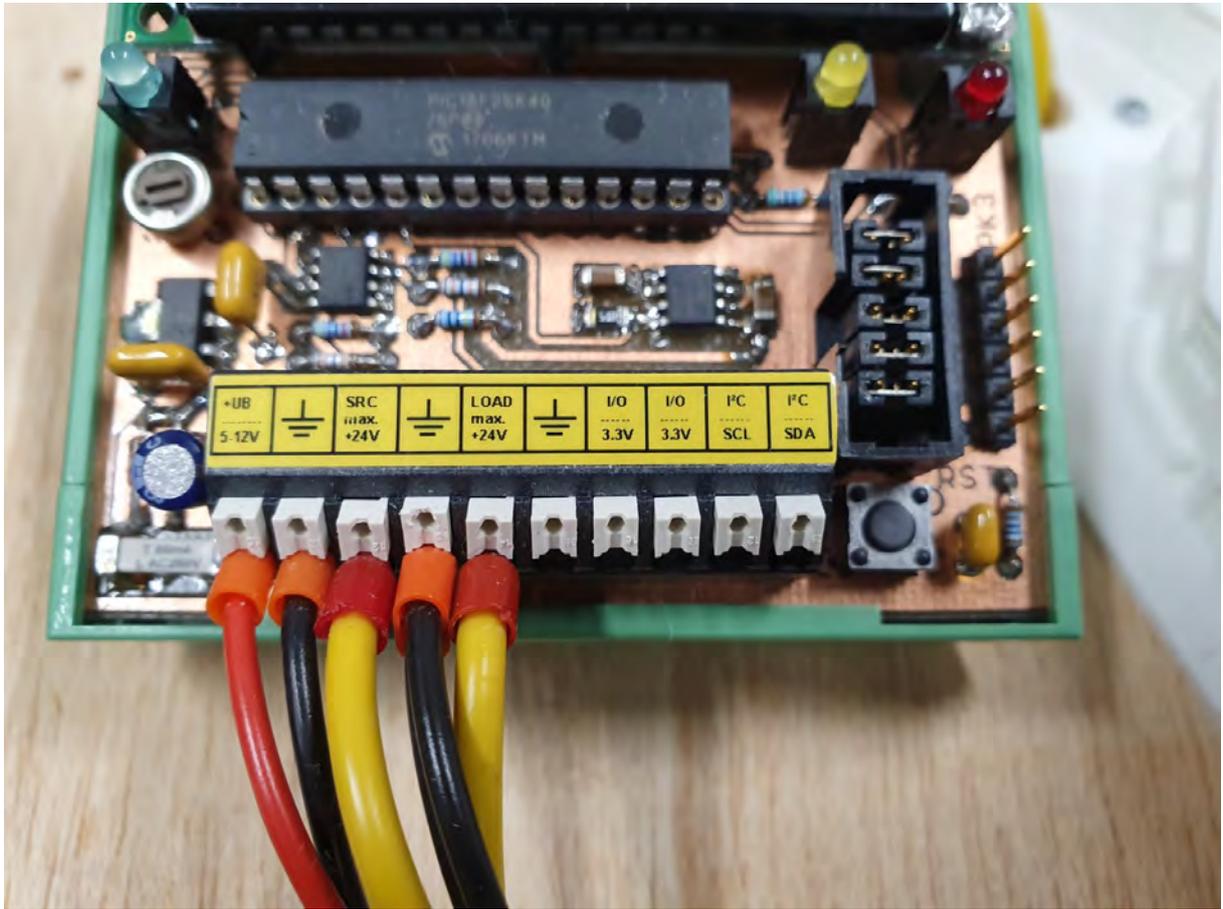
8.2 Anregungen und Dokumente für die Entwicklung

Auf den folgenden Seiten werden Dokumente und Bilder für die Entwicklung des smart grid Simulationsmodells dargestellt. Sie bilden die Grundlage für den Entwurf und den Nachbau des Modells: Übersichtsschaltplan, Schaltplan, Klemmenplan usw.

Rückfragen beantworten wir gerne. Nutzen Sie dazu die E-Mail-Adresse smartgrid@hems.de.

A) Bilder SMART GRID Modell

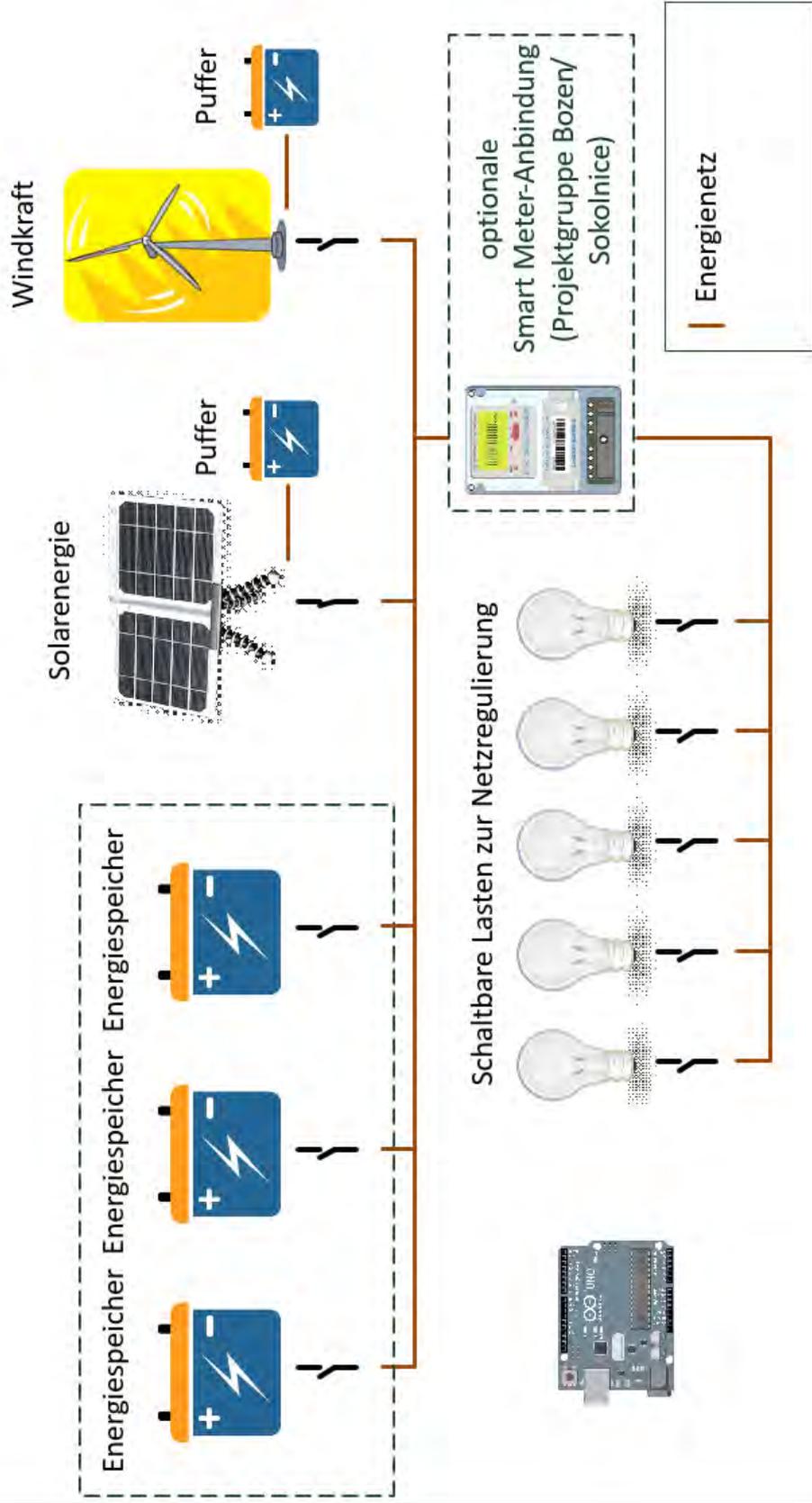




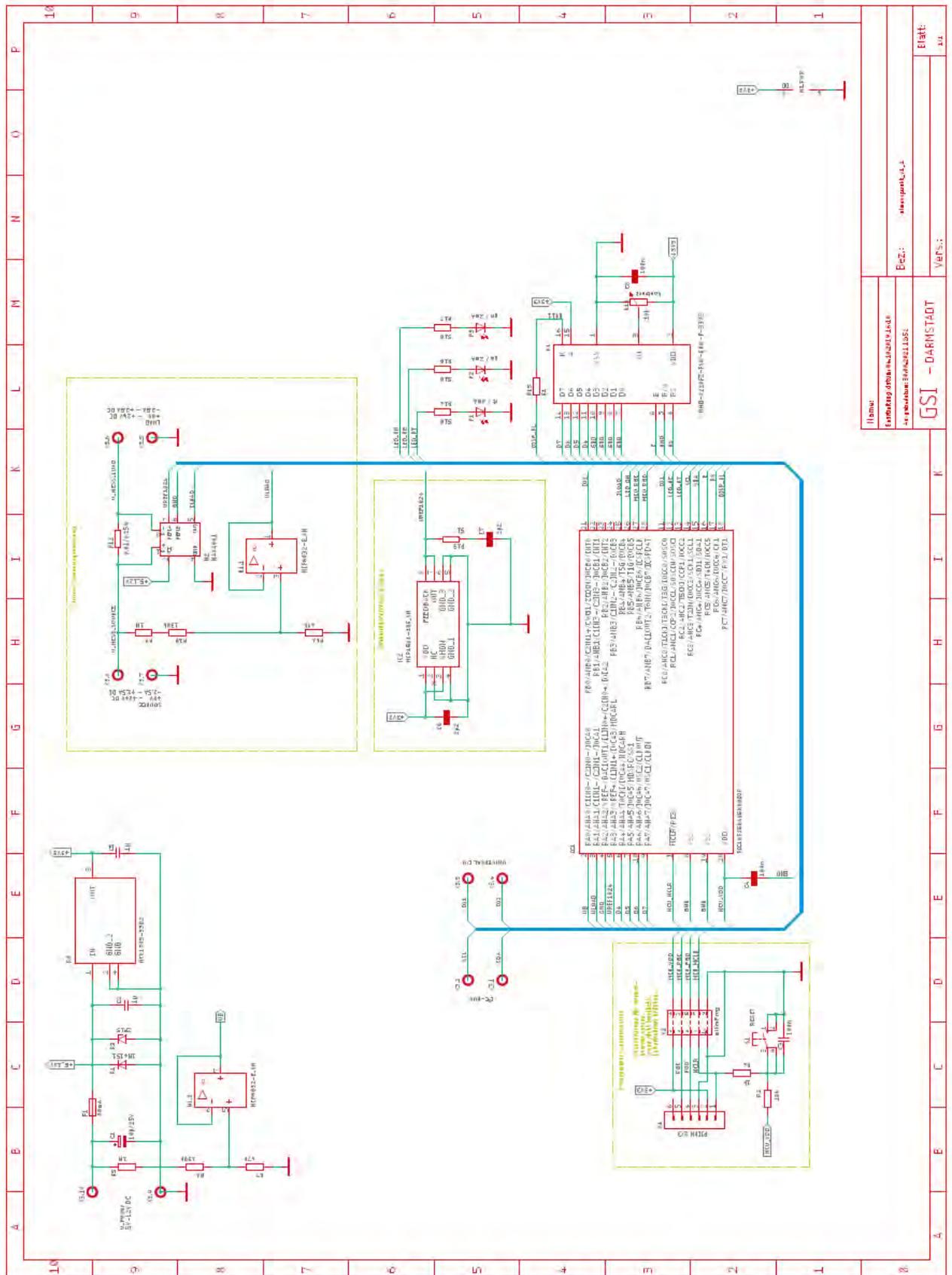
Modellentwurf zum Erasmus+ Projekt
„Simulation I eines Smart Grid“



Erasmus+



E) Messstelle Schaltplan



F) Klemmenplan Smart Grid Modell

Kabelname	Quelle (von)	Ziel (bis)
Ho5V-k (Blau)	S1	X2.1
	S1	X2.2
	S3	X2.3
	S4	X2.4
	S5	X2.5
	S6	X2.6
	S7	X2.7
	S8	X2.8
	S9	X2.9
	X2.1	K1 (IN)
	X2.1	K2 (IN)
	X2.3	K3 (IN)
	X2.4	K4 (IN)
	X2.5	K5 (IN)
	X2.6	K6 (IN)
	X2.7	K7 (IN)
	X2.8	K8 (IN)
	X2.9	K9 (IN)
Braun 1.5mm	S10	V1(12V)
Schwarz 1.5mm	X1.19	V1(IN)
Rot 0.75mm	V1 (OUT)	P4 +
Schwarz 0.75mm	V1 (3V)	P4
Rot 1.5mm	V1 (OUT 5V)	X1.1
Schwarz 1.5mm	V1 (5V)	X1.19
Braun 1.5mm	V1 (OUT 12V)	6.3
Schwarz 1.5	V1 (12V)	X3.7
Rot 0.75mm	X1.1	K1 (DC+)
	X1.2	K2 (DC+)
	X1.2	K3 (DC+)
	X1.3	K4 (DC+)
	X1.3	K5 (DC+)
	X1.4	K6 (DC+)
	X1.4	K7 (DC+)
	X1.5	K8 (DC+)
	X1.5	K9 (DC+)
	X1.6	1.1
	X1.6	2.1
	X1.7	3.1
	X1.7	4.1
	X1.8	5.1
	X1.8	6.1
Schwarz 0.75mm	X1.9	X2.16
	X1.9	K1 (DC-)
	X1.10	K2 (DC-)
	X1.10	K3 (DC-)
	X1.11	K4 (DC-)
	X1.11	K5 (DC-)
	X1.12	K6 (DC-)

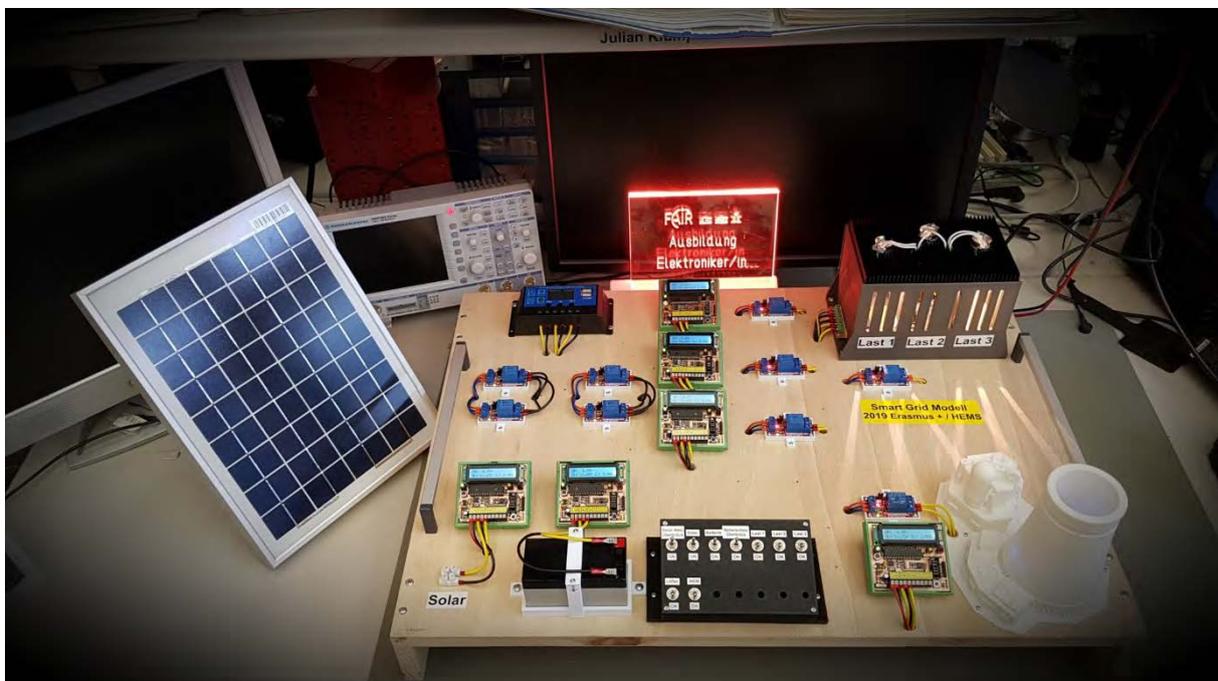
	X1.12	K7 (DC-)
	X1.13	K8 (DC-)
	X1.13	K9 (DC-)
Schwarz 1.5mm	S10	X1.14
-	X1.14	
-	X1.15	
-	X1.15	
-	X1.16	
-	X1.16	
-	X1.17	
-	X1.17	
-	X1.18	
-	X1.18	
-	X1.19	
-	X1.19	
	X3.1	K8 (COM)
	X3.1	L1 Verbraucher
	X3.2	K9 (NO)
	X3.2	3.3
	X3.3	4.3
	X3.3	5.3
	X3.4	L1 Verbraucher
	X3.4	-
	X3.5	X1.14
	X3.5	Box (7)
	X3.6	V1 (12V)
	X3.6	Box (5)
	X3.7	Box (2)
	X3.7	Box (3)
	X3.8	3.4
	X3.8	1.4
	X3.9	4.4
	X3.9	2.4
	X3.10	5.4
	X3.10	K4 (NO)
	X3.11	6.4
	X3.11	K1 (NO)
Schwarz 1.5mm	K1 (COM)	K2 (COM)
Schwarz 1.5mm	K3 (COM)	K4 (COM)
Schwarz 1.5mm	K2 (NO)	Solar
Braun 1.5mm	L1 (Modul+)	1.5
Schwarz 1.5mm	K3 (COM)	Batterie -
Braun 1.5mm	2.3	L1 Batterie
Schwarz 1.5mm	L1(Modul-)	K1 (NC)
Schwarz 1.5mm	K3 (COM)	Batterie-
Schwarz 1.5mm	K4 (NC)	L1 Batterie-
	K1 (NC)	L1 (Solar-)
Braun 1.5mm	K5 (NO)	Box (8)
	K6 (NO)	Box (6)
	K7 (NO)	Box (4)
	K9 (COM)	5.5

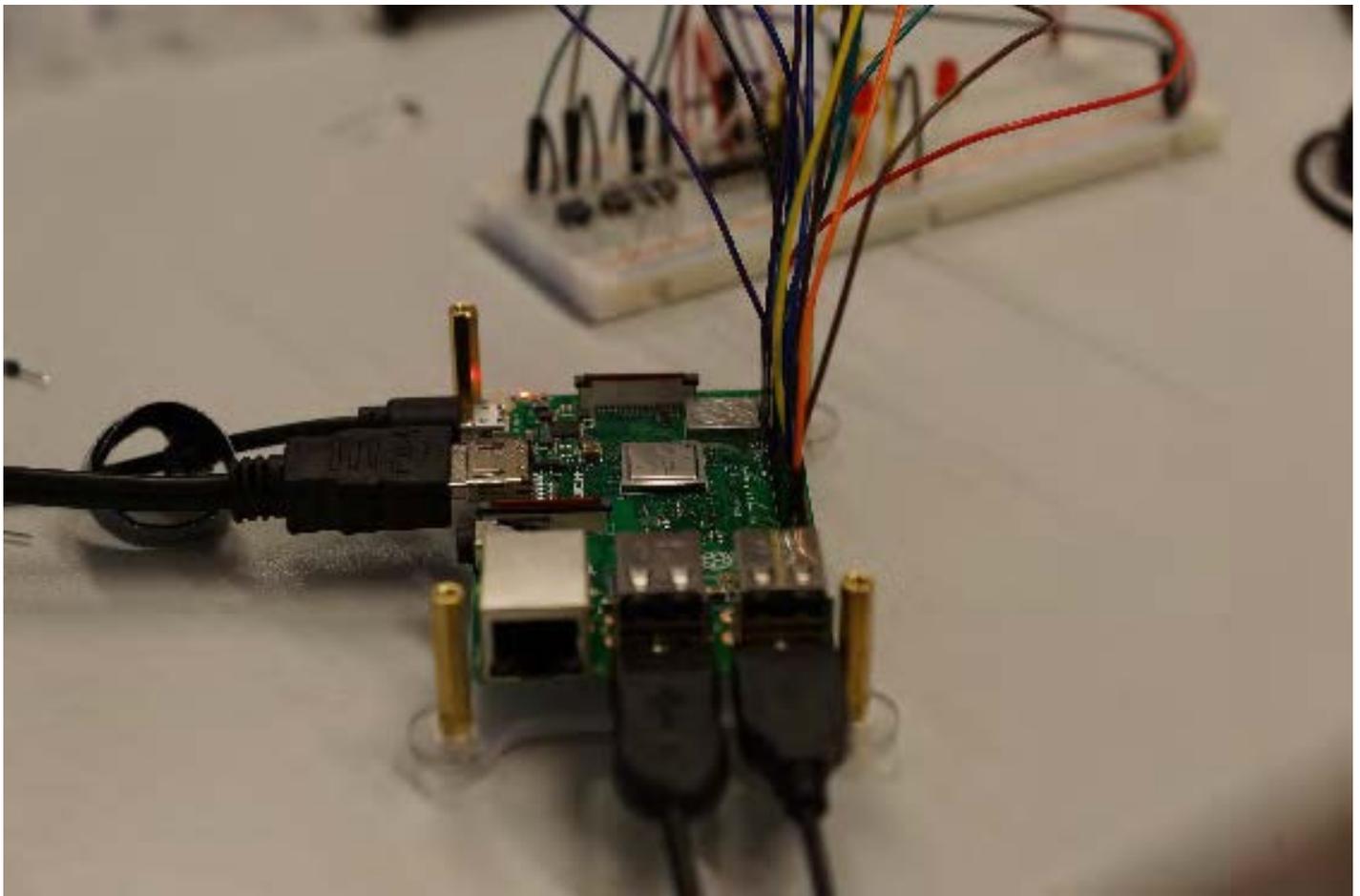
	6.3	V1 (12V)
	K5 (COM)	3.5
	K6 (COM)	4.5
	K7 (COM)	5.5

Weitere Infos unter:

[Smart Grid-Dokumentation — Smart Grid alpha Dokumentation](#)

Kontakt: smartgrid@hems.de





Projektpartner:

Heinrich-Emanuel-Merck-Schule Darmstadt
Landesberufsschule für Handwerk und Industrie Bozen
Landesberufsschule Bregenz 2
Střední škola elektrotechnická a energetická Sokolnice
Berufsschule für Elektrotechnik und Mechatronik Wien
Industrie- und Handelskammer Darmstadt Rhein Main Neckar
Darmstädter Kreis für Berufliche Bildung DKBB e. V.



smart grid - intelligente Stromnetze 4.0



<http://erasmusplus-projekte.eu/>

