

Herzorientierte Wirtschaft

Komplex einfach und selbstbewusst bescheiden

Ingenieurinnen und Ingenieure werden immer wieder vor der Aufgabe stehen, ihre Projekte in der Öffentlichkeit zu präsentieren. Zwei Aspekte sind dabei von zentraler Bedeutung:

Zunächst geht es darum, komplexe Sachverhalte so darzustellen, dass auch Nicht-fachleute sie verstehen können, wenn sie dafür ein gewisses Grundinteresse mitbringen. Zum einen sollte man spezialisierte Fachbegriffe vermeiden, oder – wenn dies nicht möglich ist – sie erklären, beispielsweise in einem Glossar. Zum zweiten darf man die Vereinfachung nicht so weit treiben, dass die Sachverhalte dadurch verfälscht werden. – Man kann für diese Aufgabe eine Grundbegabung mitbringen, man kann sich die nötigen Fähigkeiten aber auch durch Übung aneignen. Darauf sollte in der Ausbildung genügend Wert gelegt werden; so wäre es vielleicht eine gute Idee, Diplomarbeiten von Nichtfachleuten nach diesem Aspekt bewerten zu lassen.

Ein weiterer Aspekt insbesondere bei der Präsentation von Forschungsarbeiten ist der, dass sie immer auf früheren Arbeiten aufbauen. Ich muss in der Präsentation zum einen also in aller Bescheidenheit den Stand der Technik rekapitulieren, den andere vor mir ermöglicht haben; zum andern muss ich klar und selbstbewusst darstellen, welche zusätzlichen Erkenntnisse oder welchen zusätzlichen Nutzen nun das bringt, was ich selbst geleistet habe.

* * *

Ein eigenes Beispiel soll diese beiden Aspekte illustrieren – es liegt allerdings eine Weile zurück: Anfang der 1980er-Jahre waren wir, zwei frisch gebackene Diplom-Ingenieure, als Wissenschaftliche Mitarbeiter eines Institutes der ETH Zürich an einem Projekt tätig, das den Titel „Einspeisung elektrischer Energie aus Solarzellen ins Netz“ trug. Ich übernahm die Aufgabe, die Ergebnisse an der Forschungs- und Innovationsausstellung der ETH im November 1982 in Form zweier Posterwände einem Laien-Publikum zu präsentieren.

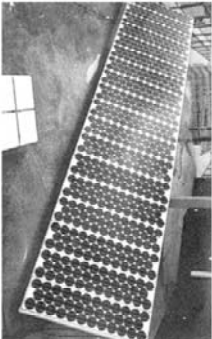
Nun, offensichtlich gefiel die Präsentation der Jury; war unsere Darstellung doch eine der fünf besten, ex-äquo prämierten Präsentationen. Die Begründung nimmt interessanterweise gerade auf die beiden Aspekte Bezug, die ich oben erläutert habe: „Relativ komplexes Projekt leicht verständlich dargestellt. Zeigt die Schwierigkeiten, weist auf die speziellen Leistungen des Projektes hin, stellt das Licht nicht unter den Scheffel, schmückt sich nicht mit fremden Federn.“

Auch wenn die Präsentation über 35 Jahre alt ist, lässt sich daran meines Erachtens noch immer einiges lernen, weshalb ich sie hier genauer vorstellen möchte. (Übrigens habe ich festgestellt, dass manches noch heute sehr aktuell anmutet.)

Bild 1 und Bild 2 zeigen die Rekonstruktion der Posterwände. Dafür stand leider nur noch je ein verblasstes, kleinformatiges Farbfoto der beiden Wände zur Verfügung, auf dem der Text noch gut zu lesen war, die Bilder aber nicht in vernünftiger Qualität reproduziert werden konnten. Einige Fotos konnten in schwarzweiß gerasterter Form von einem im ETH-Bulletin abgedruckten Artikel eingescannt werden. Die übrigen Bilder habe ich durch einen Platzhalter mit Inhaltsangabe ersetzt.

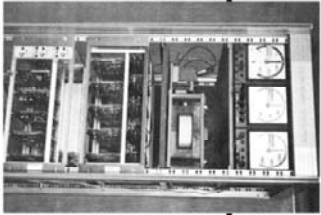
Es gibt eine Anekdote, wonach einmal jemand ein sehr weitschweifiges Referat hielt und man ihm anschließend sagte: Sie hatten wohl keine Zeit, sich kurz zu fassen. – Ja, vereinfachen braucht Zeit! Ich erinnere mich, damals zwei Arbeitswochen fast ausschließlich der Gestaltung der Posterwände gewidmet zu haben. (Das lag nicht daran, dass wir noch keine Personal Computer zur Verfügung hatten. Ich bin überzeugt, dass ich auch mit ihrer Hilfe nicht die gleiche Qualität in kürzerer Zeit hätte erreichen können. Aber die Präsentation hätte in der gleichen Zeit ein professionelleres Aussehen erhalten. *Das* ist der Fortschritt, den uns die PCs gebracht haben.)

Institut für Automatik und Industrielle Elektronik
ETH Zürich
Einspeisung von Energie aus Solarzellen ins öffentliche Elektrizitätsnetz
Sachbearbeiter: M. Boller, F. Wack
Für einen Beschäftigtenposten des Institutes für Automatik und Industrielle Elektronik, finanziert von der ETH Zürich, sowie vom Schweizer Energieerzeugerfonds (SEEF).



Solarzellenfeld

Wie entsteht aus Sonnenlicht nutzbare elektrische Energie?



Umrichter

Die umgeformte Energie kann direkt verbraucht werden.

Vorbereitung
(Frei verschalteter elektrischer Hochleistungs- von über 10kV, liegt die Kabel über Bild.)

Wenn die Solarzellen mehr Energie produzieren als verbraucht wird, so wird der Überschuss ans öffentliche Netz abgegeben.
Wenn umgekehrt mehr Energie verbraucht wird, die Solarzellen abgeben, wird das Manko vom öffentlichen Netz gedeckt.

(Frei dieses Elektrozeitschrifts)

zum Elektrizitätsnetz

Das Solarzellenfeld liefert die Elektrizität in einer Form, die für den direkten Verbrauch ungenügend ist. Man könnte von einer „Elektrizität in Behältern“ sprechen. Es handelt sich um einen Gleichstrom, dessen Spannung – in Volt ausgedrückt – je nach Wetterbedingungen etwas schwankt.
Ein „Umrichter“ muss die Elektrizität in eine „gebräuchlichere“ Form umwandeln. Der hier gezeigte Umrichter erzeugt einen Wechselstrom, dessen Spannung mit derjenigen des öffentlichen Netzes übereinstimmt.

Solarzellen sind dünne Scheiben aus einem speziell präparierten Siliziummaterial. Aufgrund eines komplizierten physikalischen Vorganges können sie einen Teil des einfallenden Sonnenlichts (etwa 10 bis 15%) in elektrische Energie umwandeln.
Viele solcher Solarzellen werden zu einem Solarzellenfeld zusammengeschaltet. Das abgebildete Feld besteht aus 690 einzelnen Zellen mit je 10cm Durchmesser. Es kann bei optimaler Sonneneinstrahlung etwa 600 Watt elektrische Leistung abgeben.

Bild 1: Rekonstruktion der Posterpräsentation; Wand Nr. 1

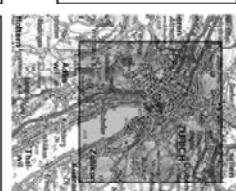
<p>Aufbau eines Umrichters für Solarzellen</p> <p>Das Institut für Avromerik und Industrielle Elektronik befasst sich nur mit einem Teil der oben gezeigten Anlage, nämlich mit dem Umrichter.</p> <p>Umrichter - elektronische Geräte, die elektrischen Strom von einer Form in eine andere umwandeln - werden z.B. für elektrische Antriebe schon ionge verwendet.</p> <p>Für die Anwendung in Solaranlagen müssen sie aber wesentlich widerstandsfähiger und angepasst werden. Dies ist das Ziel der vorgestellten Arbeit.</p> <p>Durch das Zusammenwirken von Zenerdioden und Gleichstrom kann man theoretisch jede beliebige Stromform in jede beliebige andere Stromform umwandeln.</p> <p>In unserem Fall wird so der Gleichstrom des Solarpanels der Wechselstrom erzeugt; der am öffentlichen Netz abgegeben wird.</p>	<p>Das „Herz“ des Umrichters: Elektronische Schalter und Speicher-elemente</p> <p>Jeder Umrichter besteht im Prinzip aus schmelzen elektronischen Schaltern (in unserem Fall sogenannte Feldeffekttransistoren, Bild links) und aus Speicher-elementen (wie z.B. dem im Bild rechts gezeigten Ferrit-Drosselspulen).</p> <p>Mit diesen Feldeffekttransistoren kann der elektrische Strom in bester Folge (etwa 20000 mal pro Sekunde) ein- und ausgeschaltet werden. Man spricht von „Zerhacken“.</p> <p>Das Bild rechts zeigt einen Teil der Steuerungselektronik. Es wurden durchwegs Präsenzite mikroelektronische Standardbauteile verwendet (vor allem logarithmierte integrierte Schaltkreise) - Besonderer Wert wurde darauf gelegt, die Steuerungstechnik billig und doch zuverlässig zu realisieren. Hierin wurde ein grosser Teil Entwicklungsarbeit investiert.</p> <p>Solche Ferrit-Drosselspulen vermögen elektrische Energie für Schutzanordnungen zu speichern und wieder abzugeben. Sie werden dazu verwendet, den zerhackten Strom wieder zu „glätten“.</p> <p>In unserem Fall wird so der Gleichstrom des Solarpanels der Wechselstrom erzeugt; der am öffentlichen Netz abgegeben wird.</p>	<p>Das „Herz“ des Umrichters: Die Steuerungselektronik</p> <p>Die Steuerungselektronik</p> <p>Damit der Umrichter funktionieren kann, muss die Steuerlogik vorhanden sein. Sie übertrifft Signale an die elektronischen Schalter und bestimmt so, in welchem Rhythmus diese ein- und ausschalten soll.</p> <p>Je nachdem, wieviel Strom die Solarzellen produzieren (gutes oder schlechtes Wetter) muss der Schaltzyklus etwas verändert werden. Auf diese Weise wird der Umrichter stets optimal an das Solarzellenfeld angepasst.</p> <p>Bei extrem hohem Wetter (und in der Nacht) wird die Anlage automatisch ganz abgeschaltet.</p> <p>Von der Solarzellen Geplante Energie 100%</p> <p>Aus Netz abgegebene Energie ca. 92%</p> <p>Verluste ca. 8%</p>	<p>Wichtig: Güter Wirkungsgrad</p> <p>In jedem Umrichter geht bei der Strom-Umwandlung etwas Energie verloren. Wichtig ist, dass diese Verluste so klein wie möglich sind. - Man sagt, der Umrichter müsse einen möglichst guten Wirkungsgrad haben.</p> <p>Das nebenstehende Bild veranschaulicht den Wirkungsgrad unseres Umrichters bei mittleren Wetterbedingungen.</p>
<p>Elektrizität aus Solarzellen - ein neuartiger Beitrag zur Energieversorgung?</p> <p>Einsparis.</p> <p>Um pro Jahr gleichviel Energie zu erzeugen wie im Kernkraftwerk freigesetzt, müsste man mindestens eine Fläche von 100km² mit Solarzellen bedecken.</p>	<p>Andererseits...</p> <p>In einem mittlern EPZ werden pro Jahr etwa 1700 kWh Strom verbraucht.</p> <p>Mit einem Solarzellenfeld von etwa 30 bis 60 Quadratmetern kann man diese Energiemenge ohne weiteres an dem Dach des gleichen Hauses erzeugen. Ein solches Haus würde also per Saldo über ein Jahr überhaupt keine Energie aus dem öffentlichen Netz beziehen.</p> <p>(Zurücknahme eines von der Schweiz beschützten Patents. Schmutzglas auf der Innenseite des Fensters. Feld belegt ist)</p>	<p>Kazit</p> <p>Ermittelt Solarzellenanlagen würden enorm viel Energie einsparen. - Viele kleine Anlagen (z.B. auf Gebäudedächern) könnten insgesamt aber etwa ganz beträchtliche Energiemengen erzeugen.</p> <p>Allerdings müssen Solarzellenanlagen noch mindestens 10 mal billiger werden, wenn sie wirtschaftlich sein sollen (bei gleichbleibendem Strompreis). Experten halten eine solche Preisreduktion für möglich. Aber dazu muss noch einiges an Entwicklungsbudget gehöbet werden.</p>	

Bild 2: Rekonstruktion der Posterpräsentation; Wand Nr. 2

Anhand von Bild 3 will ich die Strukturierung der Posterwände kurz analysieren. Was wohl vor allem auffällt: Nur etwa ein Drittel der Posterfläche ist dem eigentlichen Inhalt unseres Projekts gewidmet! Weshalb? Nun, wer ist das Zielpublikum der Ausstellung? Menschen „von der Straße“, die sich zum Glück dafür interessieren, was diese „Hirnis“ an der ETH denn eigentlich mit ihren Steuergeldern so treiben. Soll ich diesen die Botschaft vermitteln: Schaut mal, wie klug wir sind und was wir alles können – verstehen könnt ihr das aber sowieso nicht? Kaum. Was wollen die Menschen denn wissen?

1. Was ist das, was kann das – in allgemein verständlichen Worten und mit ansprechenden Bildern vermittelt: die Einordnung in den technischen Kontext der heutigen Zeit.
2. Welchen Einfluss auf das Leben hat das: der gesellschaftliche Kontext also. Oft gibt es dazu verschiedene Meinungen – heute würde man von „Szenarios“ reden und damit eine Auswahl verschiedener möglicher Entwicklungen meinen. Die Spannweite dieser Szenarios sollte man anschaulich und prägnant aufzeigen.
3. Wenn man Glück hat, hat man jetzt die Neugier der Betrachterinnen und Betrachter geweckt: Das ist interessant und vielleicht beeinflusst es sogar mein Leben – was haben die hier genau gemacht? – Der Vogel sitzt jetzt auf unserer Hand, aber unverständliches Fachchinesisch würde ihn gleich wieder verschrecken. Also: publikumsgerecht bleiben!

Einordnung in technischen Kontext: Fotos statt abstrakte Schemata; Vermeiden von Fachbegriffen 50% der Posterfläche!	Eigentliche Projekt-Info: Vereinfachte, aber korrekte inhaltliche Darstellung; Fachbegriffe erklärt Nur 33% der Posterfläche!	Gesellschaftlicher Kontext: Extrem- Szenarios 17% der Posterfläche
--	---	---

Bild 3: *Struktur der an ein Laienpublikum gerichteten Posterwände*

Das gleiche Projekt präsentierte ich auch für ein jeweils völlig anderes Zielpublikum. Das gibt mir Gelegenheit für eine Analyse der Unterschiede.

Zunächst wollte die Redaktion des ETH-Bulletins – eines gedruckten Newsletters für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der ETH – eine Zusammenfassung der Projekte, die den fünf preisgekrönten Präsentationen zugrunde lagen. Der Umfang betrug für jedes der Projekte knapp zwei Druckseiten. Bild 4 zeigt das Funktionsschema der Solarzellenanlage, wie ich es für den Artikel über unser Projekt erstellte:

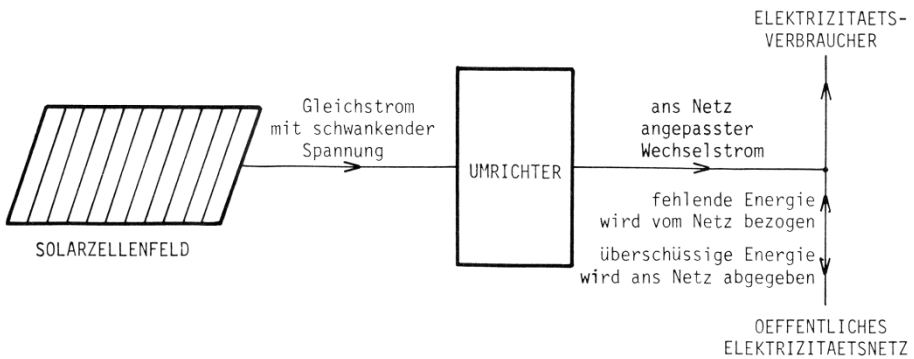


Bild 4: *Schema im ETH-Bulletin, an vorwiegend wissenschaftlich tätige Menschen aus fremden Fachbereichen gerichtet*

Das Schema enthält genau die gleiche Information wie die linke Posterwand. Inhaltlich mute ich dem vorwiegend wissenschaftlich ausgebildeten Personal der ETH nicht mehr und nicht weniger zu als dem Laienpublikum an der Ausstellung! Auch das Vermeiden von unerklärten Fachbegriffen ist in diesem Artikel genau so wichtig wie auf der Posterwand: Woher sollen eine Pharmazeutin oder ein Architekt elektrotechnische Fachausdrücke kennen? – Der einzige Unterschied: Statt der Fotos verwende ich im Schema abstrakte, aber gleichwohl allgemein verständliche Symbole. Damit lenke ich die Aufmerksamkeit auf das Wesentliche; ich vereinfache das Erstellen der Druckvorlage; und in diesem internen Publikationsorgan nicht zu unterschätzen: Ich sende die Botschaft, dass ich nicht Redaktor einer Illustrierten bin, sondern ein ernst zu nehmender Wissenschaftler. (Fotos gibt es im Artikel trotzdem, aber nicht als Bestandteil eines Schemas.)

Als ich etwa ein Jahr später die ETH verließ, ging es darum, zuvor noch eine ausführliche Dokumentation über den Aufbau und die Berechnung des Solarzellen-Umrichters zu erstellen. Dabei erwies es sich als notwendig, zwei separate Dokumentationen mit einem Umfang von je etwa 40 Seiten zu erstellen, von denen eine die Leistungselektronik umfasste (die Bauteile also, welche die elektrische Energie umwandeln), die andere die Regelkreise (die Bauteile also, die das Ganze steuern). Bild 5 und Bild 6 zeigen, wie sich das Prinzipschema in diesen beiden Dokumentationen präsentiert.

Da ist es nun vorbei mit der Schonung der Leserin und des Lesers! Informationen, die ich nicht in diese Dokumentationen packte, würden verloren sein. Schon die Prinzipschemata zeigen sich nun wesentlich komplexer. Klar, dass ich nach wie vor versuche, die Komplexität so übersichtlich wie möglich darzustellen. Übersichtlich, aber nicht mehr vereinfacht. Die Dinge *sind* relativ kompliziert und wer sie verstehen will, *muss* sich bemühen; das ist unvermeidbar, auch wenn ich mich meinerseits um Klarheit bemühe. (Dieses Gleichgewicht zwischen Fordern und Dienen ist inzwischen auch wichtige Leitlinie für meine Unterrichts-Tätigkeit an der Fachhochschule und an Höheren Fachschulen geworden.)

Auffallend ist zudem, dass in den beiden Schemata unterschiedliche Symbole verwendet werden. Leistungselektronik und Regelkreise müssen in ihrer eigenen, an die Fachbereiche angepassten und genormten Symbolsprache dargestellt werden. Anders könnte man die Komplexität nicht in den Griff bekommen. – Elektroingenieurinnen und Elektroingenieure können die Symbolik beider Fachbereiche lesen. Pharmazeutinnen und Architekten werden nur „Bahnhof“ verstehen – sorry, an euch sind die Dokumentationen auch nicht gerichtet.

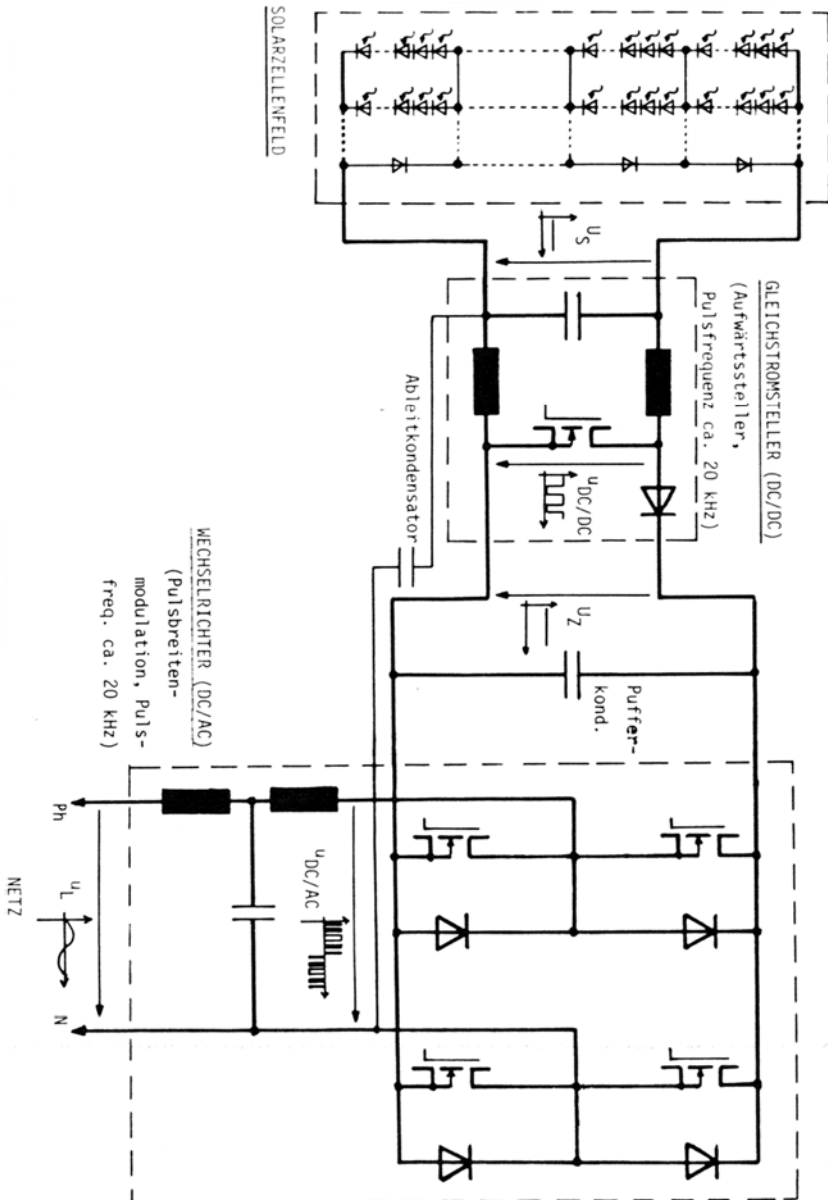


Bild 5: *Prinzipschema der Leistungselektronik des Solarzellen-Umrichters*

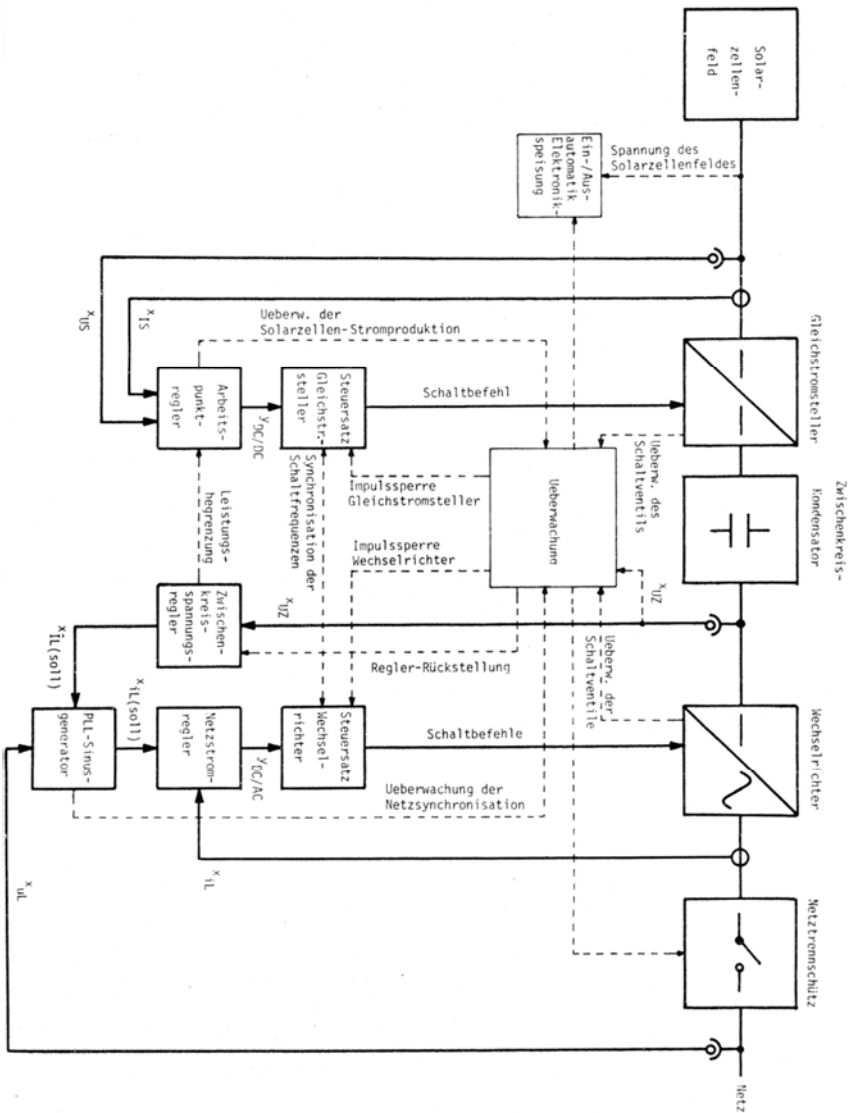


Bild 6: *Prinzipschema der Regelkreise des Solarzellen-Umrichters*

In diesem Essay wollte ich aufzeigen, wie sehr sich die Präsentation eines Projektes unterscheidet, je nach dem, an wen sich unsere Ausführungen richten sollen.

Ich habe einmal in einem Restaurant das Gespräch zweier Männer mitgehört, von denen zumindest der eine offensichtlich Redaktor einer technischen Fachzeitschrift war. Sie unterhielten sich darüber, was das Schreiben eines Fachartikels alles beinhaltet. Der Redaktor sagte etwa, der erste Teil der Arbeit sei wie das Besteigen eines Berges. Man müsse das, worüber man schreibe, zunächst selber vollständig verstehen. Wenn man das geschafft habe, habe man den Gipfel des Berges erreicht. Aber dann dürfe man nicht vergessen, auch wieder vom Berg hinunter zu steigen. Will heißen: so darüber zu schreiben, dass es auch jemand versteht, der selbst nie auf dem Gipfel war. Der oder die also keine fachlichen Vorkenntnisse besitzt.

Um es noch anders auszudrücken, muss ich ganz kurz etwas ausholen: Meine Großmutter mütterlicherseits bewunderte den Ingenieur-Beruf ihres einzigen Enkels so sehr, dass ich gelegentlich mit dem Satz antwortete: „Der Beruf des Straßenkehrers ist genau so ehrenwert.“

Hier möchte ich ergänzen: Liebe „Nane“, du durftest den Ingenieurberuf deines Enkels ja schon ein Stück weit bewundern. Ingenieurinnen und Ingenieure können schon ein bisschen etwas, und ehrlich gesagt: Ich habe die Bewunderung ja auch genossen. Aber dennoch bleibe ich dabei: Straßenkehrer (und Großmütter) haben auch ehrenwerte Berufe. Natürlich könnten sie unsere Arbeiten nicht ausführen; das könnten auch Pharmazeutinnen oder Architekten nicht, obwohl sie akademisch gebildet sind. Aber Pharmazeutinnen, Architekten, Straßenkehrer und Großmütter können das Wesentliche unserer Arbeiten begreifen und verstehen. Wenn nicht, kann es höchstens daran liegen, dass wir vergessen haben, vom Berg hinunter zu steigen.