SIEMENS
Ingenuity for life

Automatisierung von Laborequipment mit MATLAB – eine objektorientierte Lösung

Hauke Nannen, Heiko Zatocil

Automatisierung von Laborequipment mit MATLAB - eine objektorientierte Lösung

SIEMENS

Automatisierung von Laborequipment mit MATLAB - eine objektorientierte Lösung

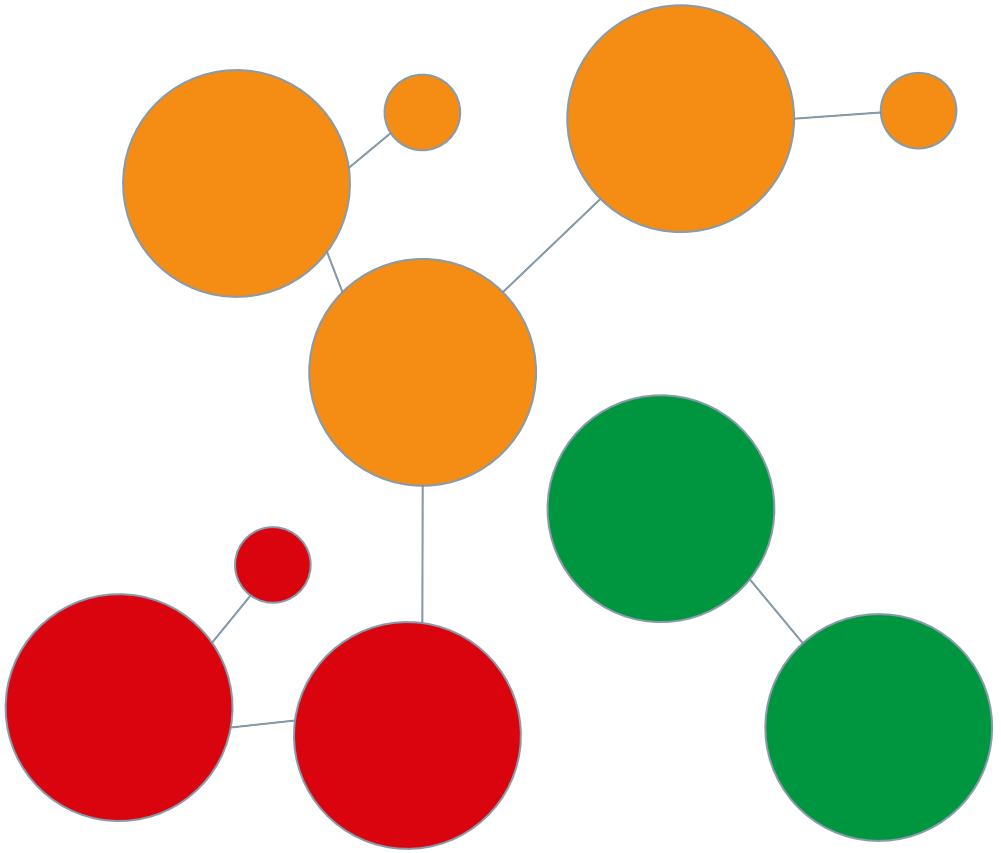
SIEMENS

Status quo – Situation ohne Lösung für Laborautomatisierung

- Automatisierung in Insellösungen
- Wiederverwendung nur bei exakt identischem Aufbau
- Kernkommunikation wird vielfach neu implementiert
- „lessons learned“ nur bei einer Person
- Jeder User nutzt unterschiedliche Toolboxen
- Immer nur Gutpfad implementiert
  → Fehlerbehandlung und Robustheit sind fraglich
- Heterogener Aufbau des Codes lässt den Aufbau einer Bibliothek kaum zu
- Wiederverwendbarkeit und Wartbarkeit sind zweifelhaft

→ Automatisierung wird aufgrund des initialen Zeitaufwands gescheut

Heterogene, spezifische Einzelimplementierungen



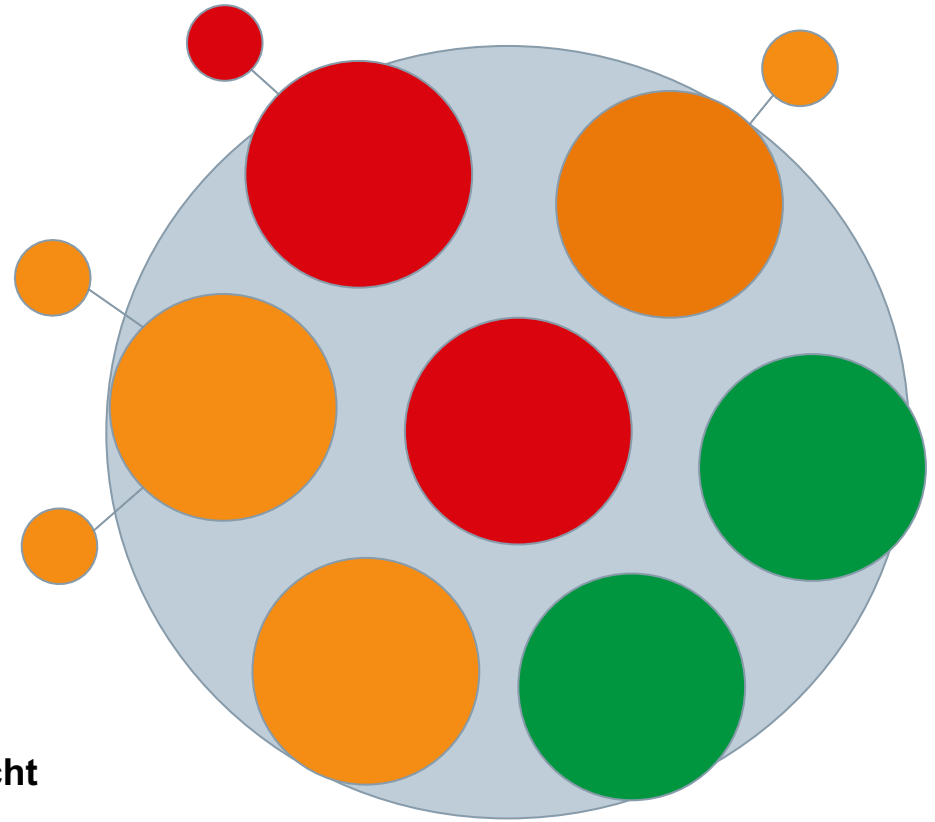
SIEMENS

Sollzustand – Anforderungen an ein Lösungskonzept

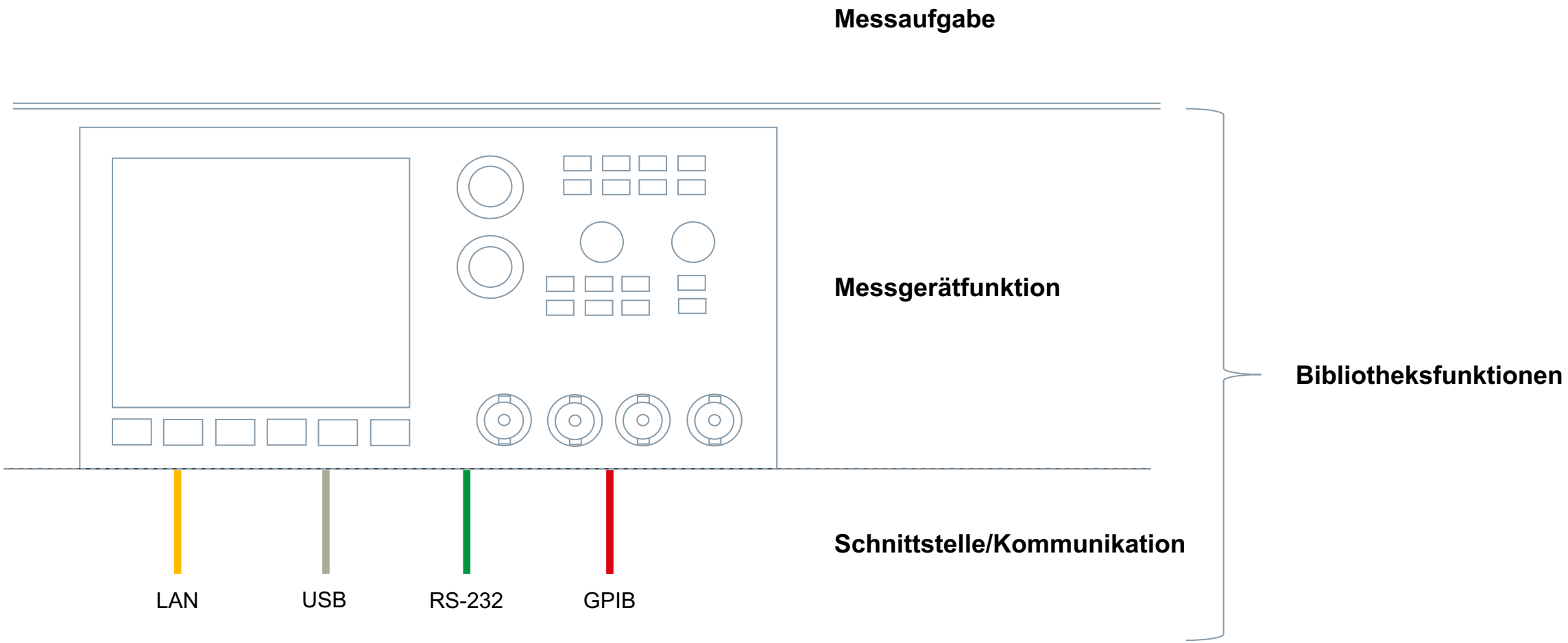
- Alle Einzellösungen basieren auf zentraler Bibliothek
- Grundfunktionen sind in Bibliothek abgebildet
- Verwendung von Funktionen mit intuitiver Schnittstelle in der die Gerätebedienschritte mittels Funktionen nachgebildet werden
- Fehlerroutinen (z.B. Verbindungsverlust) sind implementiert und einfach handhabbar
- Geräte-/HW-Schnittstelle ist flexibel austauschbar
- Implementierung ist (möglichst) unabhängig von Toolboxnutzung des jeweiligen Users
- Änderungen in der Bibliothek sind dokumentiert und nachvollziehbar
- Inkrementelle Ergänzung von Funktionalität im Bedarfsfall ermöglicht ständig steigenden Funktionsumfang

→ Es entsteht eine wartbare, umfassende Messgeräteautomatisierung, die eine schnelle und robuste Umsetzung neuer Messaufgaben ermöglicht

Messgeräteautomatisierung auf Bibliothekslösung

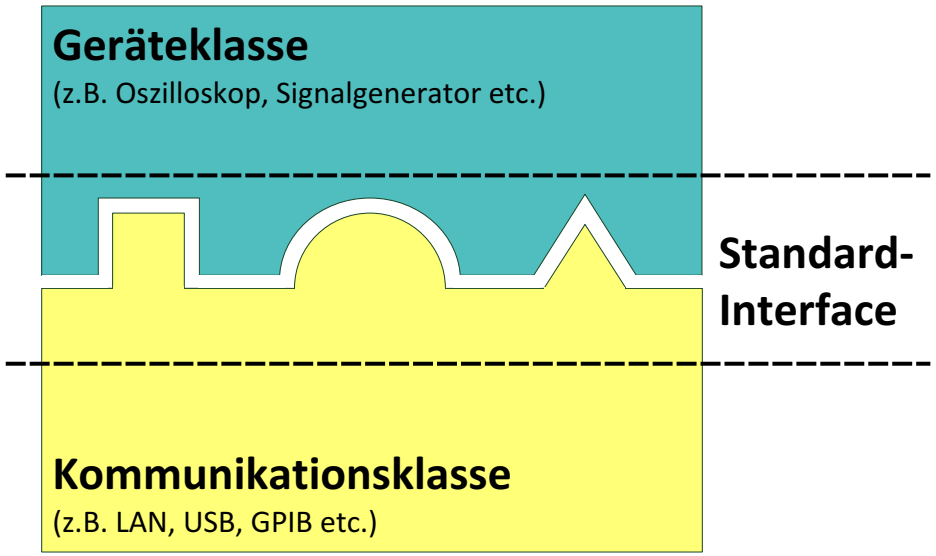


Lösungsaufbau in verschiedenen Schichten



Lösung – Überblick über das Konzept

- Lösung ist eine objektorientierte Bibliothek
- Gegliedert in Geräte- und Kommunikationsklassen
- Standardisiertes Interface ermöglicht nachträglichen Austausch der Schnittstelle
- Geräteklassen bilden die Funktionalität des Gerätes ab



- Geräteklasse bildet nur die Funktionalität ab, nicht die Kommunikation
- Ein Standard-Interface für alle Kommunikationsklassen
- Flexibilität bei der Wahl der physikalischen Schnittstelle durch separate Kommunikationsklasse

- Verwaltet werden die Geräte- und Kommunikationsklassen in einem GIT-Projekt d.h. Änderungen sind nachvollziehbar und alte Stände sind wiederherstellbar

Lösung – Kommunikationsklasse als Basis

SIEMENS

- Kommunikationsklasse fasst alle zur Kommunikation nötigen Routinen zusammen
- Die Struktur der Kommunikationsklasse ist in einer abstrakten Klasse *connection* definiert
- Verschiedene HW-Schnittstellen (z.B. Seriell, LAN, GPIB) als Ausprägung der Klasse *connection*
- Kernbestandteile sind die Funktionen
  - *connect*: Sorgt für den Verbindungsaufbau zu einem Gerät. Je nach Schnittstelle werden die zur Verbindung nötigen Parameter übergeben
  - *disconnect*: Beendet die Verbindung zu einem Gerät
  - *cmd_get*: Sendet einen Datenstrom an ein Gerät und wartet auf eine Antwort
  - *cmd_set:* Sendet einen Datenstrom an ein Gerät
- Beispielaufruf für eine Spannungsquelle:

```
%                          IP-Adresse     Port
con_Supply  = tcp_pnet('192.168.100.35', 4000);      % Initialisierung der Verbindungsklasse
con_Supply.connect();                                 % Verbindungsaufbau zum Device
%                               Befehl
Return      = con_Supply.cmd_get('SOURce:VOLTage?'); % Abfragen eines Parameters des Geräts
```

Lösung – Geräteklasse als Struktur für Gerätefunktionalität

SIEMENS

- Geräteklassen fassen die Funktionen eines Gerätes zusammen
- Bedienungsschritte am realen Gerät werden in Funktionen abgebildet
- Für Geräte mit gleicher Funktionalität (z.B. Spannungsquellen) werden abstrakte Klassen definiert die die Kernfunktionalitäten umfassen
  → sehr einfacher Austausch von Geräten möglich
- Kommunikation basiert auf Kommunikationsobjekt, das dem Objekt bei der Instanziierung übergeben wird
- Einfaches Funktionsinterface ermöglicht intuitive Umsetzung einer Automatisierung

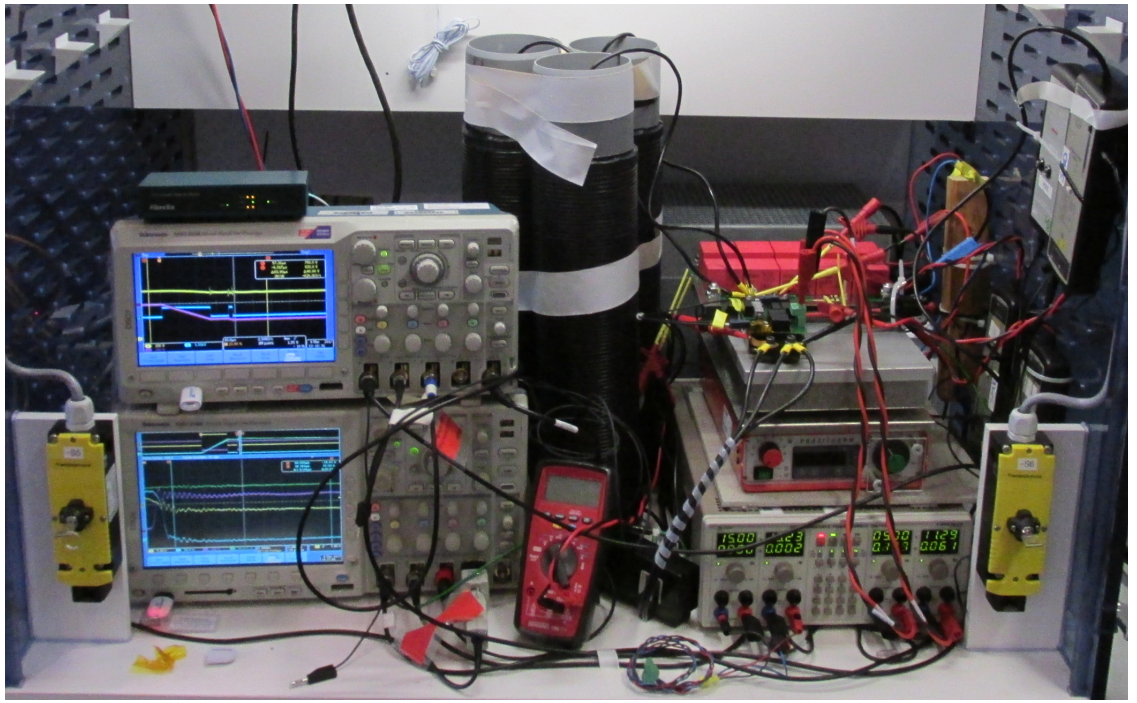
```
classdef Source < handle
    properties
        Manufacturer
        Model
        SN
        Revision
    end

    methods(Abstract)
        ok  = Get_Err(obj)
        ret = Get_U(obj)
        ret = Set_U(obj, voltage)
        ret = Get_I(obj)
        ret = Set_I(obj, current)
      […]
    end
end
```

```
%                          IP-Adresse     Port
con_Supply  = tcp_pnet('192.168.100.35', 4000);   % Initialisierung der Verbindungsklasse (TCP-Verbindung)
Supply      = TDKLamdaGEN3300(con_Supply);        % Initialisierung des Devices(Labornetzteil)
Suppy.Set_U(10);                                  % Einstellen der Ausgangsspannung des Labornetzteils
```

Lösung – Einführung in das Anwendungsbeispiel „Doppelpulsversuch“

SIEMENS

- Ziel des Versuchsaufbaus:
  Schalten mit einem Leistungshalbleiter unter bestimmten Bedingungen (Spannung, Strom, Temperatur), um dessen Schaltverhalten/Schaltverluste charakterisieren zu können
- Vielzahl von Geräten beteiligt: Spannungsquellen, Signalgenerator, Oszilloskope, Heizplatte, Temperaturmessung
- Hohe Wiederholrate bei unterschiedlichen Betriebspunkten macht Automatisierung besonders attraktiv
- Direkte Auswertung ermöglicht unmittelbare Messdatenverifikation



Lösung – Ablauf des Anwendungsbeispiels „Doppelpulsversuch“

SIEMENS


```
con_NT          = tcp_pnet('192.168.100.35', 4000);      % Aufbau der Verbindung zur Spannungsquelle
NT              = TDKLamdaGEN3300(con_NT);               % Instanziierung der Spannungsquelle

con_Multimeter  = serial_matlab('COM5');                 % Aufbau der Verbindung zum Multimeter
Multimeter      = Fluke189(con_Multimeter);              % Instanziierung des Multimeters

[…]
```

Lösung – Ablauf des Anwendungsbeispiels „Doppelpulsversuch“

SIEMENS


```
OZ.Set_AquState('ON');                      % Oszilloskop auf “run” schalten
OZ.Set_AquMode('SAMple');                   % Akquisationsmodus einstellen
OZ.Set_AquStopAfter('SEQuence');            % Wahl des “Single-Shot”-Modus
OZ.Set_Trigger('EDGe','AC','AUX','RISe',1); % Trigger auf 1 Volt steigende Flanke
OZ.Set_RecPoints(10e6);                     % Einstellen der Record-Length auf einen ausreichend hohen Wert


[…]
```

Lösung – Ablauf des Anwendungsbeispiels „Doppelpulsversuch“

SIEMENS

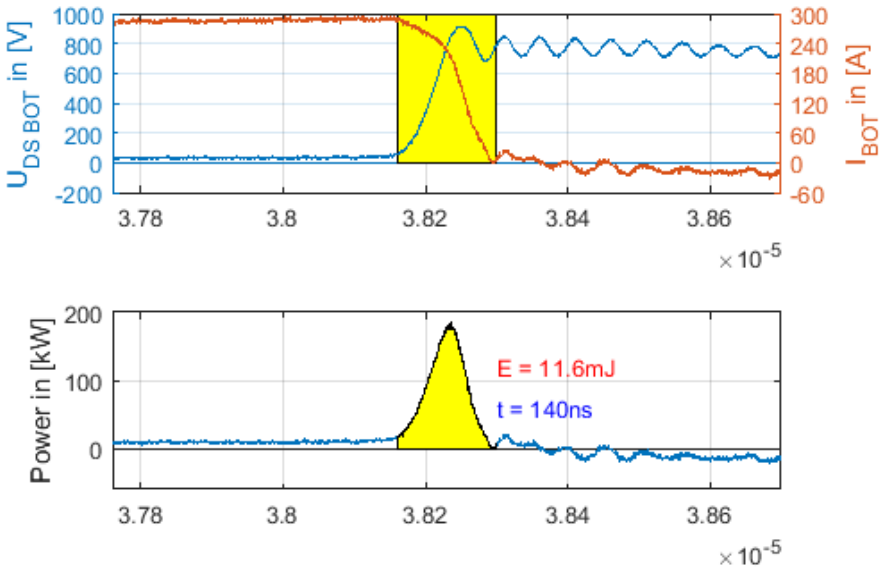

```
%% Zuschalten der DC-Spannung
NT.Set_U(10);                          % Setzen der Ausgangssollspannung auf 10 V
NT.Set_I(1);                           % Setzen des Ausgangsmaximalstroms auf 1 A
NT.Set_Output_Enable();                % Aktivieren des Outputs
fprintf('Spannung angelegt\n');

[…]
```

Lösung – Ablauf des Anwendungsbeispiels „Doppelpulsversuch“

SIEMENS

Geräteinitialisierung → **Geräte parametrieren** → **Messspannung einstellen** → **Messung starten & auswerten**

```
Signalgenerator.Trigger(1);   % Auslösen des Triggers

%% Laden der Daten aus dem Oszilloskop
[Meas.UDS.x, Meas.UDS.y, Meas.UDS.xUnit, Meas.UDS.yUnit] =
        OZ.readwaveform_range('channel1',TimeRead.Start,TimeRead.End);
fprintf('Signal UDS ausgelesen\n');
[…]

%% Auswerten der Daten
[…]
```



Zusammenfassung

SIEMENS

- Objektorientiertes Bibliothekskonzept mit
  - Kommunikationsklassen
  - Geräteklassen
- Intuitive Schnittstelle zur einfachen Anwendung
- Sukzessiver Ausbau der Kommunikations-/Geräteklassen ermöglicht Automatisierung ohne hohen Initialaufwand
- Zunehmende Verwendungsdauer sorgt für stetig steigenden Funktionsumfang
- Versionierung mit GIT sorgt für Nachverfolgbarkeit von Informationen und geringen Administrationsaufwand
- Direkte Messungsauswertung in MATLAB ermöglicht umgehende Validierung des Messaufbaus

→ **Messautomatisierung ist mit massiv reduziertem Aufwand möglich und die Ergebnisqualität steigt deutlich**

Thank you very much for your attention

Hauke Nannen
R&D Engineer
PD TI AT 5

Gleiwitzer Str. 555
90443 Nürnberg

Telefon: +49 911 895 3025

E-Mail:
hauke.nannen@siemens.com

Dr. Heiko Zatocil
R&D Engineer
PD TI AT 5

Gleiwitzer Str. 555
90443 Nürnberg

Telefon: +49 162 365 8492

E-Mail:
heiko.zatocil@siemens.com