

# Generierung des Eingangssingals für Barrier Bucket RF Systeme and der GSI



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

**Jonas Christ, Artem Moskalew, Maximilian Nolte  
Jens Harzheim, M.Sc.**

Projektseminar Beschleunigertechnik



Institut für Theorie  
Elektromagnetischer Felder  
Computational Electromagnetics  
Research Group at GSCE

# Outline

---

- 1 Einführung
  - Problemstellung
  - Aufbau
- 2 Gerätekommunikation
- 3 Code
  - Design
  - Vorgehensweise
  - Evaluierung
- 4 Ausblick
- 5 Quellen

---

# Problemstellung

---

- Barrier-Bucket System

# Problemstellung

---

- Barrier-Bucket System :
  - Longitudinale Manipulation der Bunches

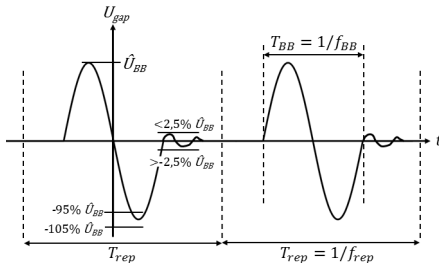
# Problemstellung

---

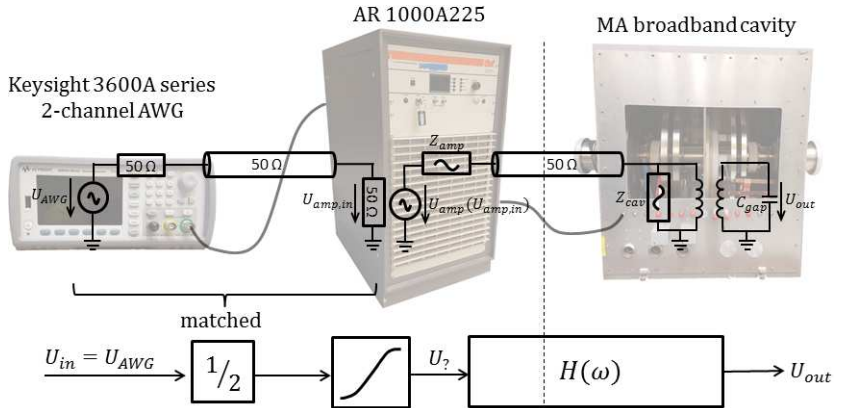
- Barrier-Bucket System :
  - Longitudinale Manipulation der Bunches
- Ziel

# Problemstellung

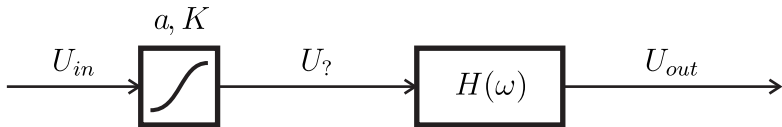
- Barrier-Bucket System :
  - Longitudinale Manipulation der Bunches
- Ziel :
  - Gap Spannung in Form einer Ein-Sinus Periode
  - Qualität des Signals



# Aufbau und Modell



# Aufbau und Modell

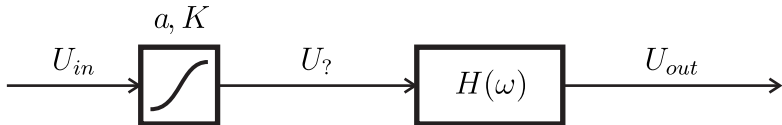




# Aufbau und Modell

■ Gegeben:

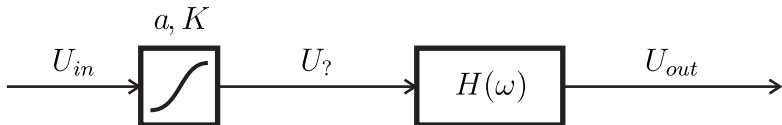
- Lineare Übertragungsfunktion  $H$  bestimmt durch Pseudorauschen
- System linear bis  $\hat{U}_{BB} \approx 550 \text{ V}$  genähert



# Aufbau und Modell

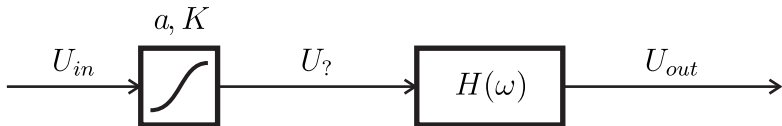
- Gegeben:
  - Lineare Übertragungsfunktion  $H$  bestimmt durch Pseudorauschen
  - System linear bis  $\hat{U}_{BB} \approx 550 \text{ V}$  genähert
- Hammerstein Modell :

$$U_?(t) = \sum_{n=1}^N a_n [U_{in}(t)]^n \quad \underline{U}_{out}(\omega) = H(\omega) \cdot \underline{U}_?(\omega)$$



# Aufbau und Modell

- Gegeben:
  - Lineare Übertragungsfunktion  $H$  bestimmt durch Pseudorauschen
  - System linear bis  $\hat{U}_{BB} \approx 550 \text{ V}$  genähert
- Hammerstein Modell :
  - Ergänzung um eine nichtlineare Vorverzerrung mit einem Potenzreihenansatz
$$U_?(t) = \sum_{n=1}^N a_n [U_{in}(t)]^n \quad \underline{U}_{out}(\omega) = H(\omega) \cdot \underline{U}_?(\omega)$$
- Zielsetzung :
  - Parameter  $a_n$  der Kennlinie  $K$  zu bestimmen



# Dokumentation und Gerätekommunikation

---

- Dokumentation
- Gerätekommunikation

# Dokumentation und Gerätekommunikation

---

- Dokumentation :
  - Handhabung der Geräte, Vorgehensweise bei Tests
  - Bedienung des Programms
  - Ausführliches Kommentieren der Code-Funktionalität
- Gerätekommunikation

# Dokumentation und Gerätekommunikation

---

- Dokumentation :
  - Handhabung der Geräte, Vorgehensweise bei Tests
  - Bedienung des Programms
  - Ausführliches Kommentieren der Code-Funktionalität
- Gerätekommunikation :
  - Treiber und Programmer-Manuals zur Nutzung des Programms von anderen Geräten aus
  - Laufzeitoptimierung durch Abfrage von Gerätezuständen mittels VISA
  - Verbesserung der Auflösung des Signals durch Anpassung der Darstellung des Oszilloskops mittels VISA

---

# Dokumentation und Gerätekommunikation - Evaluierung

---

# Dokumentation und Gerätekommunikation - Evaluierung

---

- Unvollständige Dokumentation:
  - Übergabeparameter der Funktionen dokumentieren



# Dokumentation und Gerätekommunikation - Evaluierung

---

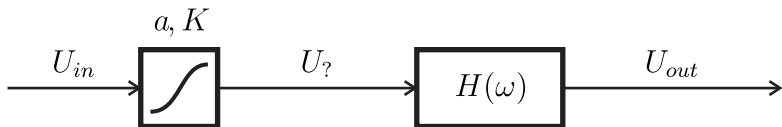
- Unvollständige Dokumentation:
  - Übergabeparameter der Funktionen dokumentieren
- Getestete Teile der Gerätekommunikation:
  - VISA-Protokoll und PyVisa Package Installation
  - Kommunikation mit AWG von anderem Laptop aus über USB

# Dokumentation und Gerätekommunikation - Evaluierung

---

- Unvollständige Dokumentation:
  - Übergabeparameter der Funktionen dokumentieren
- Getestete Teile der Gerätekommunikation:
  - VISA-Protokoll und PyVisa Package Installation
  - Kommunikation mit AWG von anderem Laptop aus über USB
- Ausstehende Teile der Gerätekommunikation:
  - Kommunikation mit Oszilloskop von anderem Laptop
  - Laufzeit: Status-Abfrage der Geräte mit `BUSY?` oder `*WAI`
  - Anpassung der Auflösung des DSO

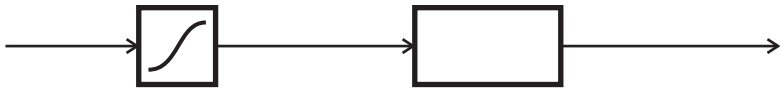
## Code: Das Design



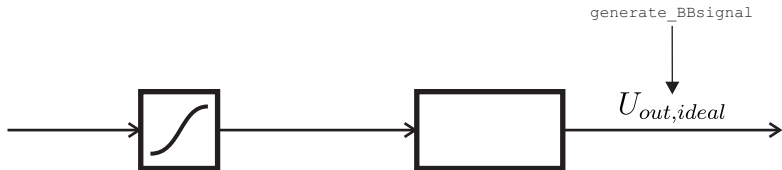
---

## Code: Das Design

---

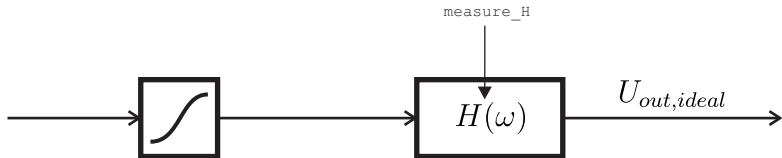


## Code: Das Design



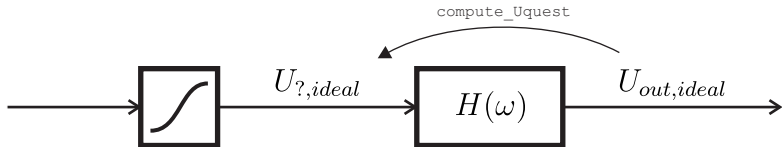
```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )
```

## Code: Das Design



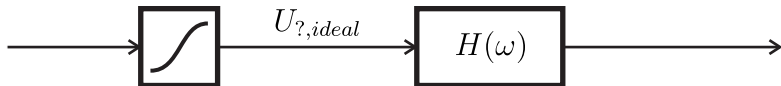
```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )  
2 H = measure_H ( )
```

## Code: Das Design



```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )  
2 H = measure_H ( )  
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )
```

## Code: Das Design



```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )  
2 H = measure_H ( )  
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )
```



# Code: Das Design



```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )  
2 H = measure_H ( )  
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )
```

# Code: Das Design



```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )  
2 H = measure_H ( )  
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )  
4 Uin = Uquest_ideal
```

# Code: Das Design



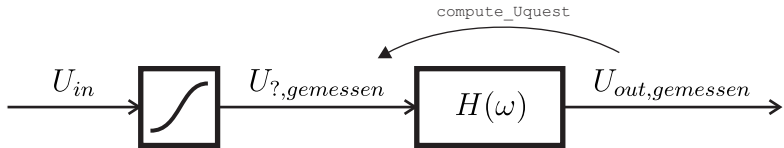
```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )  
2 H = measure_H ( )  
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )  
4 Uin = Uquest_ideal  
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )
```

# Code: Das Design



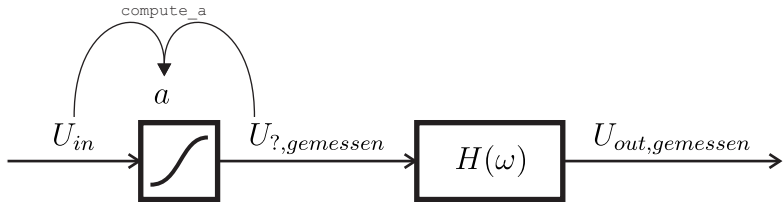
```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )
2 H = measure_H ( )
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )
4 Uin = Uquest_ideal
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )
```

# Code: Das Design



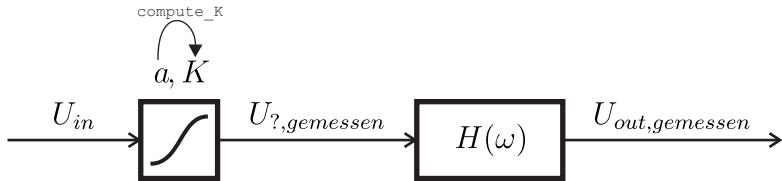
```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )  
2 H = measure_H ( )  
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )  
4 Uin = Uquest_ideal  
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )  
6 Uquest_measured = compute_Uquest ( Uout_measured , H )
```

# Code: Das Design



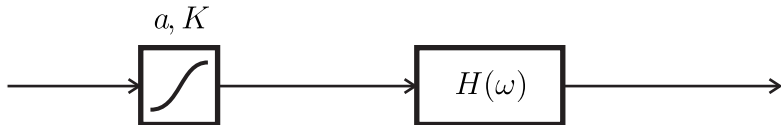
```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )
2 H = measure_H ( )
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )
4 Uin = Uquest_ideal
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )
6 Uquest_measured = compute_Uquest ( Uout_measured , H )
7 a = compute_a ( Uin , Uquest_measured , N )
```

# Code: Das Design



```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )
2 H = measure_H ( )
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )
4 Uin = Uquest_ideal
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )
6 Uquest_measured = compute_Uquest ( Uout_measured , H )
7 a = compute_a ( Uin , Uquest_measured , N )
8 K = compute_K ( a )
```

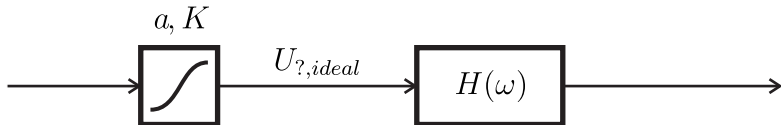
# Code: Das Design



```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )
2 H = measure_H ( )
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )
4 Uin = Uquest_ideal
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )
6 Uquest_measured = compute_Uquest ( Uout_measured , H )
7 a = compute_a ( Uin , Uquest_measured , N )
8 K = compute_K ( a )
```

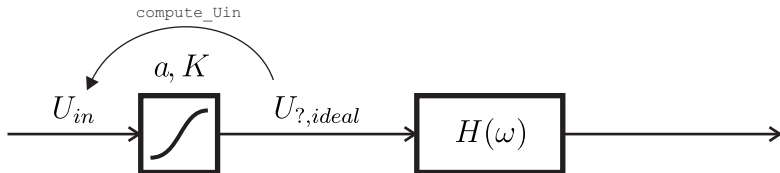


## Code: Das Design



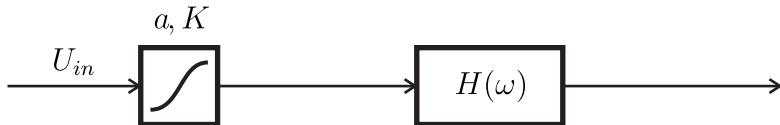
```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )
2 H = measure_H ( )
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )
4 Uin = Uquest_ideal
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )
6 Uquest_measured = compute_Uquest ( Uout_measured , H )
7 a = compute_a ( Uin , Uquest_measured , N )
8 K = compute_K ( a )
```

## Code: Das Design



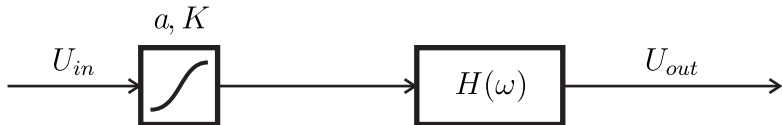
```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )
2 H = measure_H ( )
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )
4 Uin = Uquest_ideal
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )
6 Uquest_measured = compute_Uquest ( Uout_measured , H )
7 a = compute_a ( Uin , Uquest_measured , N )
8 K = compute_K ( a )
9 Uin = compute_Uin ( Uquest_ideal , K )
```

# Code: Das Design



```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )
2 H = measure_H ( )
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )
4 Uin = Uquest_ideal
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )
6 Uquest_measured = compute_Uquest ( Uout_measured , H )
7 a = compute_a ( Uin , Uquest_measured , N )
8 K = compute_K ( a )
9 Uin = compute_Uin ( Uquest_ideal , K )
```

## Code: Das Design



```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )
2 H = measure_H ( )
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )
4 Uin = Uquest_ideal
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )
6 Uquest_measured = compute_Uquest ( Uout_measured , H )
7 a = compute_a ( Uin , Uquest_measured , N )
8 K = compute_K ( a )
9 Uin = compute_Uin ( Uquest_ideal , K )
10 Uout = measure_Uout ( Uin )
```



---

## Code: die Bausteine

---

# Code: die Bausteine

---

```
generate_BBsignal  
measure_H  
compute_Uquest  
compute_Uin  
measure_Uout  
compute_a  
compute_K
```

## Code: die Bausteine

---

`generate_BBsignal` : musste implementiert werden

`measure_H`

`compute_Uquest`

`compute_Uin`

`measure_Uout`

`compute_a`

`compute_K`

## Code: die Bausteine

---

`generate_BBsignal` : musste implementiert werden  
`measure_H` : `getH.py` bereits gegeben in Python  
`compute_Uquest`  
`compute_Uin`  
`measure_Uout`  
`compute_a`  
`compute_K`



## Code: die Bausteine

---

`generate_BBsignal` : musste implementiert werden  
`measure_H` : `getH.py` bereits gegeben in Python  
`compute_Uquest` : zum Teil gegeben in Matlab und Python  
`compute_Uin`  
`measure_Uout`  
`compute_a`  
`compute_K`

## Code: die Bausteine

---

`generate_BBsignal` : musste implementiert werden  
`measure_H` : `getH.py` bereits gegeben in Python  
`compute_Uquest` : zum Teil gegeben in Matlab und Python  
`compute_Uin` : bereits gegeben in Matlab  
`measure_Uout`  
`compute_a`  
`compute_K`

## Code: die Bausteine

---

`generate_BBsignal` : musste implementiert werden  
`measure_H` : `getH.py` bereits gegeben in Python  
`compute_Uquest` : zum Teil gegeben in Matlab und Python  
`compute_Uin` : bereits gegeben in Matlab  
`measure_Uout` : `writeAWG.py` und `readDSO.py` waren gegeben  
`compute_a`  
`compute_K`

## Code: die Bausteine

---

`generate_BBsignal` : musste implementiert werden  
`measure_H` : `getH.py` bereits gegeben in Python  
`compute_Uquest` : zum Teil gegeben in Matlab und Python  
`compute_Uin` : bereits gegeben in Matlab  
`measure_Uout` : `writeAWG.py` und `readDSO.py` waren gegeben  
`compute_a` : bereits gegeben in Matlab  
`compute_K`

## Code: die Bausteine

---

`generate_BBsignal` : musste implementiert werden

`measure_H` : `getH.py` bereits gegeben in Python

`compute_Uquest` : zum Teil gegeben in Matlab und Python

`compute_Uin` : bereits gegeben in Matlab

`measure_Uout` : `writeAWG.py` und `readDSO.py` waren gegeben

`compute_a` : bereits gegeben in Matlab

`compute_K` : bereits gegeben in Matlab und Python

## Code: die Bausteine

`generate_BBsignal` : musste implementiert werden

`measure_H` : `getH.py` bereits gegeben in Python

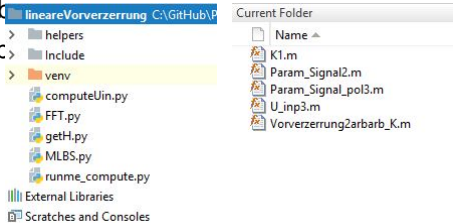
`compute_Uquest` : zum Teil gegeben in Matlab und Python

`compute_Uin` : bereits gegeben in Matlab

`measure_Uout` : `writeAWG.py` und `readDSO.py` waren gegeben

`compute_a` : bereits gegeben in Matlab

`compute_K` : bereits gegeben in Matlab





---

## Code: Vorgehensweise

---



---

## Code: Vorgehensweise

---

- Refactoring / Anpassung der Matlab-Funktionen an unser Design



## Code: Vorgehensweise

---

- Refactoring / Anpassung der Matlab-Funktionen an unser Design
- Portierung der Matlab-Funktionen nach Python

## Code: Vorgehensweise

---

- Refactoring / Anpassung der Matlab-Funktionen an unser Design
- Portierung der Matlab-Funktionen nach Python
- Überprüfung der portierten Funktionen mithilfe von **TDD**

## Code: Vorgehensweise

---

- Refactoring / Anpassung der Matlab-Funktionen an unser Design
- Portierung der Matlab-Funktionen nach Python
- Überprüfung der portierten Funktionen mithilfe von **TDD**
  - Momentan jeweils 10 korrespondierende **Unit Tests** in Matlab und Python

## Code: Vorgehensweise

---

- Refactoring / Anpassung der Matlab-Funktionen an unser Design
- Portierung der Matlab-Funktionen nach Python
- Überprüfung der portierten Funktionen mithilfe von **TDD**
  - Momentan jeweils 10 korrespondierende **Unit Tests** in Matlab und Python
- Maximale Vorbereitung der Funktionen ohne Messaufbau dank **TDD**

## Code: Vorgehensweise

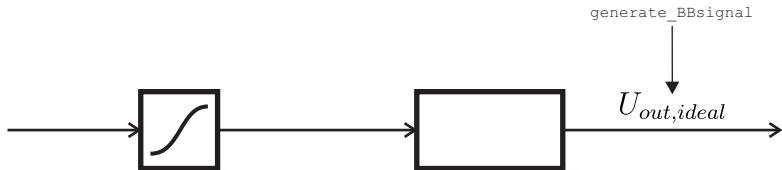
---

- Refactoring / Anpassung der Matlab-Funktionen an unser Design
- Portierung der Matlab-Funktionen nach Python
- Überprüfung der portierten Funktionen mithilfe von **TDD**
  - Momentan jeweils 10 korrespondierende **Unit Tests** in Matlab und Python
- Maximale Vorbereitung der Funktionen ohne Messaufbau dank **TDD**
  - Nur zum Testen von `measure_Uout` sind Geräte notwendig

# Code: Evaluierung

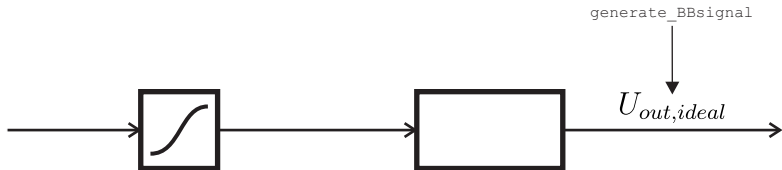


## Code: Evaluierung

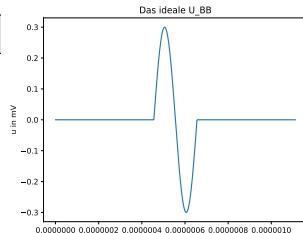


```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )
```

# Code: Evaluierung

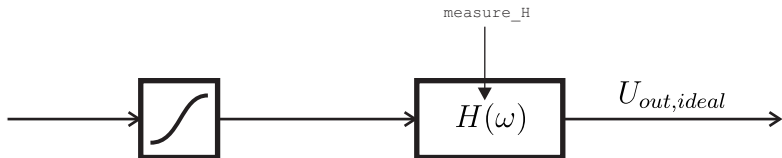


```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )
```



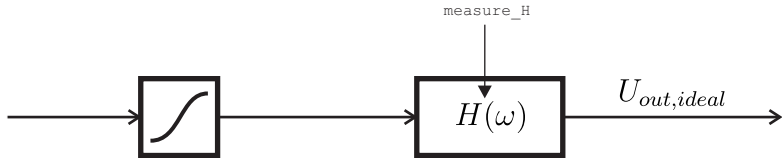


## Code: Evaluierung

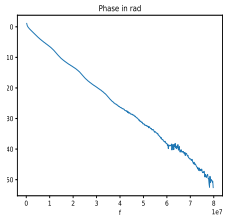
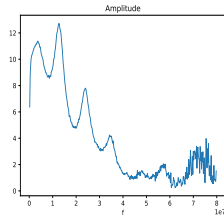


```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )  
2 H = measure_H ( )
```

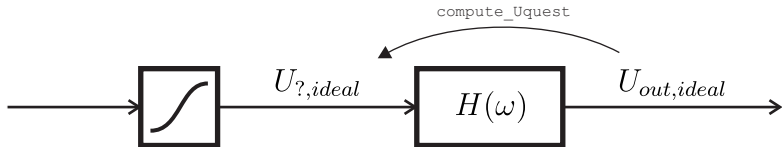
# Code: Evaluierung



```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep ,  
2 H = measure_H ( )
```

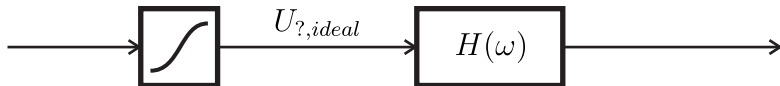


## Code: Evaluierung

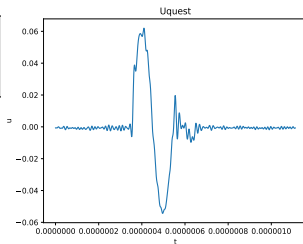


```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )  
2 H = measure_H ( )  
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )
```

# Code: Evaluierung



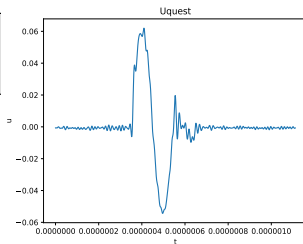
```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )  
2 H = measure_H ( )  
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )
```



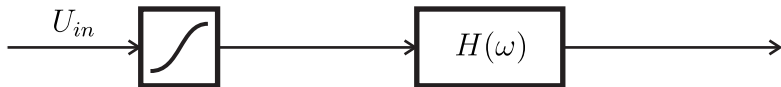
# Code: Evaluierung



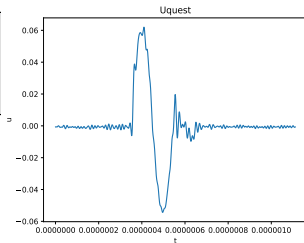
```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )  
2 H = measure_H ( )  
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )
```



# Code: Evaluierung



```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )  
2 H = measure_H ( )  
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )  
4 Uin = Uquest_ideal
```



## Code: Evaluierung



```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )  
2 H = measure_H ( )  
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )  
4 Uin = Uquest_ideal  
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )
```

## Code: Evaluierung



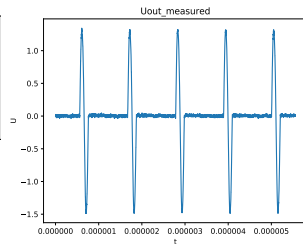
```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )  
2 H = measure_H ( )  
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )  
4 Uin = Uquest_ideal  
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )
```



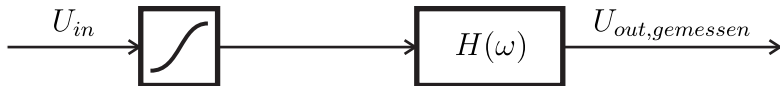
# Code: Evaluierung



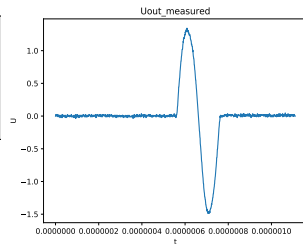
```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )  
2 H = measure_H ( )  
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )  
4 Uin = Uquest_ideal  
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )
```



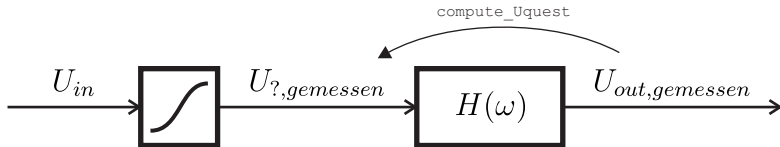
## Code: Evaluierung



```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )  
2 H = measure_H ( )  
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )  
4 Uin = Uquest_ideal  
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )
```

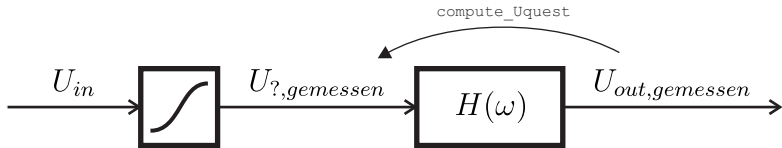


## Code: Evaluierung

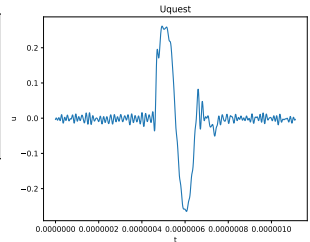


```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )
2 H = measure_H ( )
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )
4 Uin = Uquest_ideal
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )
6 Uquest_measured = compute_Uquest ( Uout_measured , H )
```

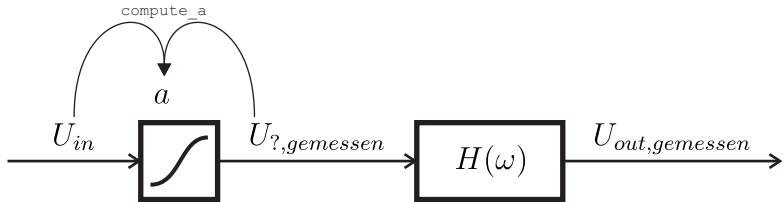
# Code: Evaluierung



```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )
2 H = measure_H ( )
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )
4 Uin = Uquest_ideal
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )
6 Uquest_measured = compute_Uquest ( Uout_measured , H )
```

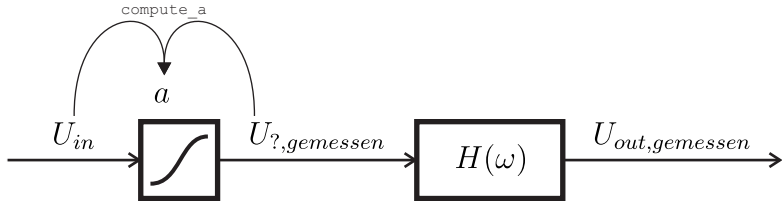


## Code: Evaluierung



```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )
2 H = measure_H ( )
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )
4 Uin = Uquest_ideal
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )
6 Uquest_measured = compute_Uquest ( Uout_measured , H )
7 a = compute_a ( Uin , Uquest_measured , N )
```

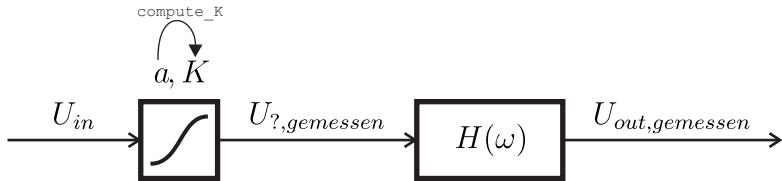
## Code: Evaluierung



```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )
2 H = measure_H ( )
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )
4 Uin = Uquest_ideal
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )
6 Uquest_measured = compute_Uquest ( Uout_measured , H )
7 a = compute_a ( Uin , Uquest_measured , N )
```

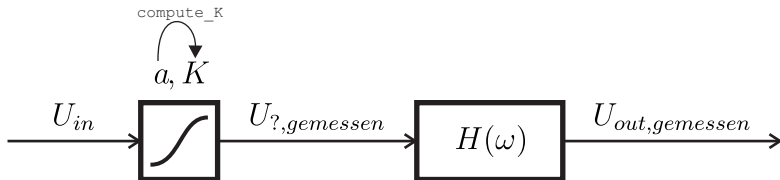
> **a** = (ndarray) [ 1.98307864e+00 -5.40958985e-04 -8.37045615e-06]

## Code: Evaluierung

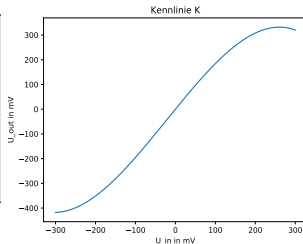


```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )
2 H = measure_H ( )
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )
4 Uin = Uquest_ideal
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )
6 Uquest_measured = compute_Uquest ( Uout_measured , H )
7 a = compute_a ( Uin , Uquest_measured , N )
8 K = compute_K ( a )
```

## Code: Evaluierung

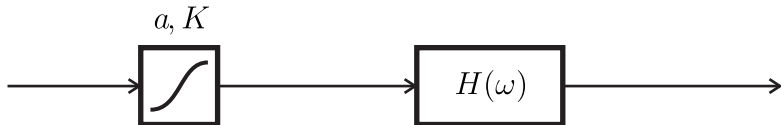


```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )
2 H = measure_H ( )
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )
4 Uin = Uquest_ideal
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )
6 Uquest_measured = compute_Uquest ( Uout_measured , H )
7 a = compute_a ( Uin , Uquest_measured , N )
8 K = compute_K ( a )
```



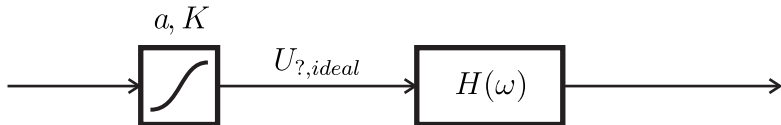


## Code: Evaluierung



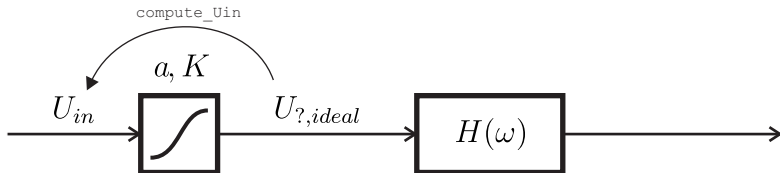
```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )  
2 H = measure_H ( )  
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )  
4 Uin = Uquest_ideal  
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )  
6 Uquest_measured = compute_Uquest ( Uout_measured , H )  
7 a = compute_a ( Uin , Uquest_measured , N )  
8 K = compute_K ( a )
```

## Code: Evaluierung



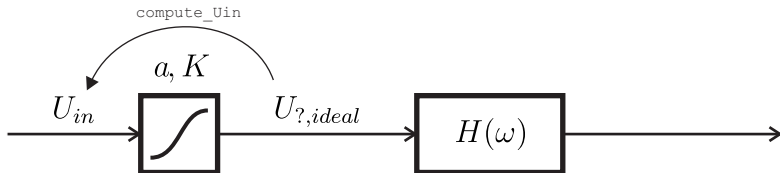
```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )  
2 H = measure_H ( )  
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )  
4 Uin = Uquest_ideal  
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )  
6 Uquest_measured = compute_Uquest ( Uout_measured , H )  
7 a = compute_a ( Uin , Uquest_measured , N )  
8 K = compute_K ( a )
```

## Code: Evaluierung

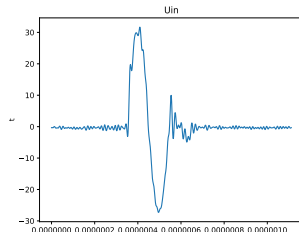


```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )
2 H = measure_H ( )
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )
4 Uin = Uquest_ideal
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )
6 Uquest_measured = compute_Uquest ( Uout_measured , H )
7 a = compute_a ( Uin , Uquest_measured , N )
8 K = compute_K ( a )
9 Uin = compute_Uin ( Uquest_ideal , K )
```

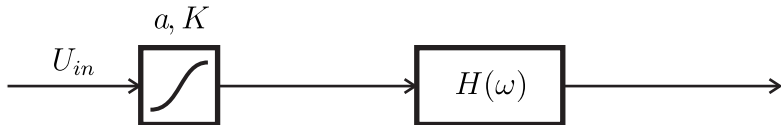
## Code: Evaluierung



```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )
2 H = measure_H ( )
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )
4 Uin = Uquest_ideal
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )
6 Uquest_measured = compute_Uquest ( Uout_measured , H )
7 a = compute_a ( Uin , Uquest_measured , N )
8 K = compute_K ( a )
9 Uin = compute_Uin ( Uquest_ideal , K )
```

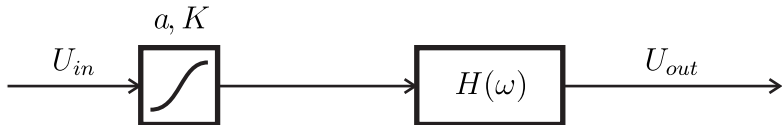


## Code: Evaluierung



```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )
2 H = measure_H ( )
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )
4 Uin = Uquest_ideal
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )
6 Uquest_measured = compute_Uquest ( Uout_measured , H )
7 a = compute_a ( Uin , Uquest_measured , N )
8 K = compute_K ( a )
9 Uin = compute_Uin ( Uquest_ideal , K )
```

## Code: Evaluierung



```
1 Uout_ideal = generate_BBsignal ( fq_rep , fq_bb , vpp )
2 H = measure_H ( )
3 Uquest_ideal = compute_Uquest ( Uout_ideal , H )
4 Uin = Uquest_ideal
5 Uout_measured = measure_Uout ( Uin )
6 Uquest_measured = compute_Uquest ( Uout_measured , H )
7 a = compute_a ( Uin , Uquest_measured , N )
8 K = compute_K ( a )
9 Uin = compute_Uin ( Uquest_ideal , K )
10 Uout = measure_Uout ( Uin )
```

---

# Ausblick

---

# Ausblick

---

- Einbindung des RF-Data-Tools zur Beurteilung der Qualität des Ausgangssignals



# Ausblick

---

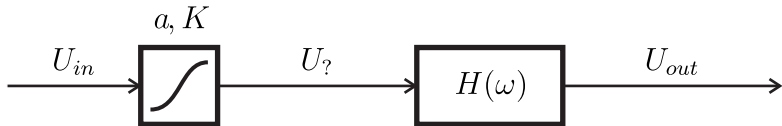
- Einbindung des RF-Data-Tools zur Beurteilung der Qualität des Ausgangssignals
- *Zusatz:* Konvertierung der Funktionalitäten von Python in die TEMF RF-Data-Tools

## Ausblick

- Optimierung der linearen Übertragungsfunktion:

$$\underline{H}^{\text{neu}}(\omega) = \underline{H}^{\text{alt}}(\omega) \left( 1 + \sigma_H \cdot \left( \frac{U_{\text{out,mess}}(\omega)}{U_{\text{out,ideal}}(\omega)} - 1 \right) \right)$$

mit  $\sigma_H$  als Schrittweite.

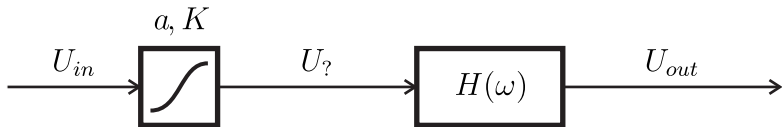


## Ausblick

- Optimierung der nichtlinearen Kennlinie:

$$\Delta U_{?} = U_{?,\text{mess}} - U_{?,\text{berechnet}} = \sum_n \tilde{a}_n U_{in}^n \quad a_n^{\text{neu}} = a_n^{\text{alt}} + \sigma_a \cdot \tilde{a}_n$$

mit  $\sigma_a$  als Schrittweite.





---

# Überlegungen

---

# Überlegungen

---

- Reihenfolge der Optimierung: Parallele Iteration  $\Leftrightarrow$  alternierende Iteration von  $H$  und  $K$

# Überlegungen

---

- Reihenfolge der Optimierung: Parallele Iteration  $\Leftrightarrow$  alternierende Iteration von  $H$  und  $K$
- Einfluss von  $K$  auf das Spektrum von  $U_?$  und damit auf Optimierung von  $H$  durch Oberschwingungen bei Potenzierung des Eingangssignals

## Quellen

---

- Denys Bast, Armin Galetzka, "Projektseminar Beschleunigertechnik", 2017
- Jens Harzheim *et al.*, "Input Signal Generation For Barrier Bucket RF Systems At GSI",
- Kerstin Gross *et al.*, "Test Setup For Automated Barrier Bucket Signal Generation", 2017