



Labor4^{Xh}

n19c22 v.255 XcQ'2223

Walcb - Wechs - XH

Höhere Technische Bundeslehr- und Versuchsanstalt Anichstrasse Abteilung Elektronik & Technische Informatik

Ausgeführt im Schuljahr 21/22/23 von:

Manuol Spur
Gitti Glow
Drah Stroam

Betreuer/Betreuerin:

DI. Beer Git W.
DI. As. Way Shnur
Ex Age Humpel OSB

Projektpartner:

Fa. OOP Orbad Ohne Plan,
Umbriggler Alm

Innsbruck, am 01.Apr.0815

Abgabevermerk:

Datum:
99.Dez.2¹⁵-1

Betreuer/in:
Schnapsi Murgs

- XHs allerwichtigste 3 Grundregeln:
- o **Alls, was der XH sag, ischa Bledsinn!**
 - o **Arbeit muss Spaß^a machen.**
 - o **XH mag keine Texte.^b**
 - o "geahrt nit" gibts nit. (Ingenieur-Prinzip)
 - o nur aus Fehlern wird man klug^c

^a Arbeit macht 'Spaß', wenn mans gern tut und gut kann;

^b also Diagramme, Skizzen, Screenshots, Bilder, Tabellen udgl.
statt benutzerfreundlich, übersichtlich, selbsterklärend, irgendwie

^c Misserfolge geben zu denken



Inhaltsverzeichnis

Δx : Fehlerbereich $\neq \frac{\partial y}{\partial x}$: Kurvensteigung	
1 Labor 4bcHEL2223 XH A4xx	3
1.1 Termine/Gruppen Zyklus I-II-III /2223	4
2 Zusendungen	5
2.1 13Okt'22 Oscillator analog	5
2.2 Cathode Follower Oscillator CFO, Differenzverstärker-Oszillator, Peltz Oscillator	5
3 Zyklus	7
3.1 Links: Zyklus 03.11.-09.02./2223: LC + zDiode + Messbrücke + Ne555 + Analog-Oszillator + Digital-Oszillator	7
3.2 Links: Zyklus 23.02.-29.06./2223:	7
3.3 Pwr PWM mit MosFET	8
3.3.1 PwrMosFET 'basics'	8
3.3.2 Anstiegs-/Abfall-/Verzögerungs-Zeiten:	9
3.3.3 MosFET-Schwellenspannung V_{th}	10
3.3.4 Durchbruchspannung V_{BR}	11
3.4 DAC	12
3.4.1 Pwm-DAC	12
3.4.2 R/2R-DAC	13
3.5 GND-Impedanz messen	14
3.6 Linux am RaspberryPi	15
3.7 Leitung	17
3.7.1 Experiment: Leitung im Labor	19
3.8 LC-Kreis	24
3.9 Z-Diode	25
3.10 Wheatstone'sche Messbrücke	26
3.11 NE555: OPV-Komparator + RSFF	28
3.11.1 RC-Auf/Entladekurve	28
3.12 Oszillator analog	30
3.12.1 Oszillator mit XH	30
3.12.2 LC- und Xtal- Osc	30
3.12.3 Wien- Robinson- NF Oszillator	34
3.12.4 Phasenschieber-Oszillator	35
3.13 Oszillator digital	36
3.13.1 Digital-Oszillator (Taktgeber) mit Gatterschaltungen	36
I Auswertung	37
4 Oszilloskop-EigenAnstiegsZeit	37
5 xy-DG 'datavisualization'	38
II Gauß'sche Fehlerfortpflanzung (Fehlerrechnung)	39
III zur Beurteilung von Labor-Abgaben	42
7.1 Dokumente e. Labormessaufgabe	42
7.2 Projektplanungs-Dokumente	42
7.3 ges.Bestimmungen	42
8 Musik und Gehirnentwicklung	43
9 Schüler-Lehrer-Verhältnis	50
10 Glossar	53
11 ©copyrights, Haftungsausschluss	58

1 Labor 4bcHEL2223 XH A4xx

- Dateinamen (file names) mit Blanks, Ümläüüütern und anderen Landeßs¶rÄchliχen nicht-ASCII-§onderzeichen sind unprofessionell.
- Entwicklung, Dimensionierung, Auswertung, lfd. Dokumentation und Abgabe sind in Einzelarbeit (=keine Teams/Gruppen) zu erbringen.
- Das **eigene** Bauteilset und das eigene Steckbrett mitbringen und verwenden.
- Reine Laborexperimente und -messungen können als Teams beliebiger Zusammensetzung abgewickelt werden. ("Reine" heisst hier, dass die vollständige Experimentvorbereitung bereits in Einzelarbeit dokumentiert vorliegt und bei der Laborlehrperson vorgelegt und approbiert wurde und die Auswertung (Messwertprotokolle/Tabellen, Diagramm, Fehlerrechnung) ausschließlich höchstpersönlich in Einzelarbeit erfolgt).
- Es ist eine händische Unterrichtsmitschrift zu führen, wünschenswerterweise in einem Schulheft (Art/Format beliebig, auch mehrfache Nutzung OK)
- "vorgetäuschte Leistungen dürfen nicht beurteilt werden", d.h. Teile, die nicht wie Eigenleistung wirken, sind als nicht vorhanden zu ignorieren.
- die Abgabefrist beträgt 0 Minuten (die Mitarbeit hat im Unterricht zu erfolgen). Mitarbeit nachreichen ist nur bei vom AV/Dir. angeordneter Wiederholung der Unterrichtseinheit möglich (das würde alle Laborgruppen betreffen).
- Abgabemodus (XH):
 - Unterrichtsmitschrift in einem Schulheft (Format und sonstiger Inhalt beliebig)
 - Bewertung der unterrichtsmitschriftlichen Vorbereitungen, Messprotokolle, Auswertungen (Diagramme!), Fehlerrechnung.
- 'elektrisch' (»nur bei Aufforderung/Ansage«):
Bilder/Images bitte vorher auf ein Mindestmaß zu schneiden / skalieren / rastern. (unnötig aufgeblähte PDF sind unfachmännisch/fräulich)
per HTL-eMail oder Papier
- Dateinamen (file names) mit Blanks, Ümläüüütern und anderen Landeßs¶rÄchliχen nicht-ASCII-§onderzeichen sind unprofessionell.



1.1 Termine/Gruppen Zyklus I-II-III /2223

Labor Elektronik

Schuljahr 2022/23

Wochentag: Donnerstag, 08:00 – 11:35

Klasse: 4CHEL

Gruppeneinteilung

A – D	Name	15.09. – 20.10.	03.11. – 15.12.	22.12. – 09.02.
A	Bellinger Jon	Schönherr	Walch	Wechner
A	Dür Fab			
B	Felder Tob			
B	Flörl Dom			
C	Genc Yal			
C	Grömer Jak			
D	Ilic Ili			
D	Jenewein Thom			

E – H	Name	24.9. – 22.10.	5.11. – 10.12.	17.12. – 11.2.
E	Mayer Benj	Walch	Wechner	Schönherr
E	Novakovic Mario			
F	Özden Baris			
F	Pyke Julia			
G	Reiter Patrick			
G	Roehr Niklas			
H	Sailer Florian			
H	Schröder Matthias			

I – L	Name	24.9. – 22.10.	5.11. – 10.12.	17.12. – 11.2.
I	Steinlechner Florian	Wechner	Schönherr	Walch
I	Strasser Simon			
J	Taxerer David			
J	Tschuggmall Fabian			
K	Tüfekcioglu Gökmen			
K	Werlberger Gabriel			
K	Zipko Lorenz			

2 Zusendungen

2.1 13Okt'22 Oscillator analog

Also, iXH muss schon sagen: Es begeistert ganz ausserordentlich, mit welchem Eifer von Euch Zusatzaufgaben gemacht werden, wie perfekt Ihr das zu erledigen bemüht seid! Da es leider keine -1 bis -5 Noten gibt, lässt sich Euer Engagement nit in der Schulnote korrekt abbilden :-)

MeiXhne Kollegschaft, die weit überwiegend befürchten, ohne das 'Sie' und das 'Professor' Achtung, Respekt und Mitarbeit zu verlieren, wern va Enk Lügen gestraft. (veraltete Redewendung u. Abkürzung für 'der Lügen gestraft' (wikipedia))

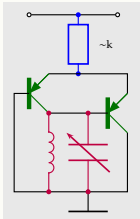
Die Idee, mittels 'DC-sweep' Analyse den Simulator das x/y-Diagramm zeichnen zu lassen, anstatt es selber händisch zu tun, findi bsunders schlaue!

iXH wollte den 'CFO' (im PDF gefarbelte) aufbauen lassen, weil der mit besonders wenig Vcc (0.55 bis 0.65V) schon funzt, aber wenniXH nit da bin und des nit ansag, kannma mir die geheimen Wünsche natürlich nit von den Augen ablesen.

2.2 Cathode Follower Oscillator CFO, Differenzverstärker-Oszillator, Peltz Oscillator

Der CFO ist eine weniger bekannte, vorteilhafte Schaltung mit wenig Bauteilen (2 BJT/FET + 1L + 1C + 1R) und geringer Betriebsspannung (ab $\approx 0.7V_{dc}$); bei Verwendung von PNP bzw. pFET liegt angenehmerweise zudem der LC-Kreis einseitig an Masse, was die meisten Drehkondensator Konstruktionen erzwingen. Die Differenzverstärker-Oszillator-Schaltung ist auch als Cathode Follower Oscillator (CFO), emittergekoppelter Oszillator oder Peltz Oscillator bekannt. Dimensionierungshinweis: C-B Dioden kappen $\hat{u}_{LC}$. Je $U_{CE}(T1) \rightarrow$ mehr $U_{BE}(T2) \rightarrow$ mehr $I_E(T2)$ weniger $U_{BE}(T1) \rightarrow$ weniger $I_C(T1)$, kurz:

Je $U_{CE}(T1)$ desto weniger $I_C(T1)$.



FelderTobias.pdf	"Essaufgabe1" – übernehmiXH gern salber :^), y-Achse nit bezeichnet, Fehlerrechnung fehlt (bitte nachmachen) DC-Analyse: sehr fein!	100
Bellinger_Oszillator.docx	Messaufgabe1: ka Fehlerrechnung-bitte nachmachen (brauschmas numma schicken), y-Achse nit bezeichnet, DC-Analyse: sehr fein! Messaufgabe2 (Extrapunkte): des isch nit die CFO-Schaltung, do mocht die Aufgabe nit so den Effekt.	200
Oszillator_analog_Du-er.docx	Messaufgabe1: ka Fehlerrechnung-bitte nachmachen (brauschmas numma schicken), y-Achse nit bezeichnet, DC-Analyse: sehr fein! Messaufgabe2 (Extrapunkte): sehr ausführlich, des isch nit die CFO-Schaltung, do mocht die Aufgabe nit so den Effekt.	200
OszillatorFloerl.docx	Messaufgabe1: ka Fehlerrechnung – bitte nachmachen (brauschmas numma schicken), y-Achse nit bezeichnet, DC-Analyse: sehr fein! Messaufgabe2 (Extrapunkte): sehr ausführlich, des isch nit die CFO-Schaltung, do mocht die Aufgabe nit so den Effekt.	200
Oszillator_GENC_Yalin.docx	Messaufgabe1: ka Fehlerrechnung – bitte nachmachen (brauschmas numma schicken), y-Achse nit bezeichnet, DC-Analyse: sehr fein!	100
Oszillator_Jakob_Gromer.docx	Messaufgabe1: ka Fehlerrechnung – bitte nachmachen (brauschmas numma schicken), y-Achse nit bezeichnet, DC-Analyse: sehr fein!	100
Ilija_llic.docx	Messaufgabe1: ka Fehlerrechnung – bitte nachmachen (brauschmas numma schicken), DC-Analyse: sehr fein!	100
Jenewein_Oszillator.docx	Messaufgabe1: ka Fehlerrechnung – bitte nachmachen (brauschmas numma schicken), y-Achse nit bezeichnet, DC-Analyse: sehr fein!	100
eWahn	i bewiese mein Beherrschen der Fehlerrechnung, indemi dazuschreib, dassi keine brauch na, bewaisesch nit, eWahn, redsch an Bledsinn → Auch Simulatoren machen 'Messabweichungen' - und zwar numerische Ungenauigkeiten: Rundungs- u. Quantisierungsfehler - die sind vergleichsweise klein (10^{-7}), aber da: $100M\Omega \cdot 10^{-7} = 10!$ XH, wieso mogsch Du '.DOCX' Files weniger gern? weil des office-Paket im Vergleich zum 'okular'-PDF-Reader, der fast schlagartig öffnet, ewig braucht, verrückt viel Ressourcen belegt, ma sehr leicht versehentlich was verändert, ma deshalb alles doppelt sichern muass, zum nebenbei schnell was Nachschauen also völlig ungeeignet is, ineffizient bis gar nit komprimiert und mir so sehr viel Zeit und Platz weckfrisst	-0
		
KW46:		



n19ctaxda-WkH1-Bruecke-20221117_104604.jpg	gilt für fred, tuego, txufa, yراسي, ziplo, ✓ Schaltung	100
n19ctaxda-WkH2-Bruecke-20221117_104558.jpg	✓ Messwertetabelle ✓ Diagramm Fehlerrechnung: Kurvensteigung δx u. δy vertauscht	100
n19cyeifl-WkH1-BrueckeScreenshot2022-11-17105804.png	gilt für wecg ✓ Schaltung ✓ Messwertetabelle	100
n19cyeifl-WkH2-BrueckeAngaben.png	✓ Diagramm ✓ Gauß'sche Fehlerrechnung	
n19cyeifl-WkH3-BrueckeAufgabe1.png		
n19cmaybe-XaC1-zD-Z-Diode-Loewinger.pdf	prima ausgeführt! →Der gerundete Übergang zum flachen Kennlinienteil ist korrekt! Name?	150
n19cnovma-XaC1-zD-A55E3CD3-FBE3-4567-A04F-FFD05E3374CF.jpeg	prima ausgeführt! →Der gerundete Übergang zum flachen Kennlinienteil ist korrekt!	150
n19coezba-XaC1-zD-labor_12012023.jpg	prima ausgeführt! →Der gerundete Übergang zum flachen Kennlinienteil ist korrekt! prima Hand-schrift!	150
n19cpsyku-XaC1-zD-23456558762562.jpg	prima ausgeführt! →Der gerundete Übergang zum flachen Kennlinienteil ist korrekt! Name?	150
n19creipa-XaC1-zD-IMG_-20230112_103645.jpg	prima ausgeführt! →Der gerundete Übergang zum flachen Kennlinienteil ist korrekt! Name?	150
n19croeni-XaC1-zD-Santa-Z-Diode.pdf	prima ausgeführt! →Der gerundete Übergang zum flachen Kennlinienteil ist korrekt! Name?	150
n19csaifl-XaC1-zD-Znerdiode.jpg	prima ausgeführt! →Der gerundete Übergang zum flachen Kennlinienteil ist korrekt!	150
n19cxroma-XaC1-zD-Z-Diode_Werner.pdf	prima ausgeführt! →Der gerundete Übergang zum flachen Kennlinienteil ist korrekt! Extrem vor-bildlich perfekte Ausführung, sehr klar!	150
n19cmaybe-Xb11-anaOsc-Oszillator_Mueller.docx	perfekt! Ahja - des Altiumglump kannja den BC557 nit simulieren. $s=12.84??$ Schaut des nit eher nach so $(0,67-0,62)V/(3-1)V$ aus?	200
n19creipa-Xb21-anaOsc-SchwimmerPlebejusOszillatorAnalog.pdf	sehr ausführliche ansprechende Ausarbeitung! $U_{in}=[V]$, $U_{out}=[V]$, $s=[mV/us]?$	250
n19csaifl-Xb21-OszillatorAnalog.docx	perfekt! $s=12.84??$ Schaut des nit eher nach so $(0,67-0,62)V/(3-1)V$ aus?	100
n19cxroma-Xb21-AlbertEinstein_Oszillator_analog.pdf	sehr ausführliche ansprechende Ausarbeitung! $U_{in}=[V]$, $U_{out}=[V]$, $s=[mV/us]?$	250

3 Zyklus

3.1 Links: Zyklus 03.11.-09.02./2223: LC + zDiode + Messbrücke + Ne555 + Analog-Oszillator + Digital-Oszillator

- ↳ LC-Kreis s.Kap.3.8, p.24
- ↳ Z-Diode s.Kap.3.9, p.25
- ↳ Messbrücke s.Kap.3.10, p.26
- ↳ NE555 s.Kap.3.11, p.28
- ↳ Osc analog s.Kap.3.12, p.30
- ↳ Osc digital s.Kap.3.13, p.36

Dateinamen (file names) mit Blanks, Ümläüüütern und anderen *Landesß* rÄchliχen nicht-ASCII-Sonderzeichen sind unprofessionell.

3.2 Links: Zyklus 23.02.-29.06./2223:

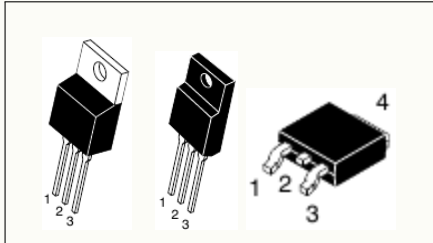
- ↳ Leitung p.17
- ↳ PWM Pwr p.8
- ↳ DAC p.12
- ↳ RaspberryPi+Linux p.15
- ↳ Z_{GND} p.14
- ↳ Wien-Robinson-Osc p.??
- ↳ Phasenschieber-Osc p.??
- ↳ Oszi-Eigenanstiegszeit p.??
- ↳ GefahrenListep.??

Dateinamen (file names) mit Blanks, Ümläüüütern und anderen *Landesß* rÄchliχen nicht-ASCII-Sonderzeichen sind unprofessionell.

3.3 Pwr PWM mit MosFET

3.3.1 PwrMosFET 'basics'

Die verbreiteten Impuls-Schalt-Leistungs-MOSFET in den Gehäusen TO-220, TO-220FP/ISO, DPAK:



Die Anschlüsse sind (i.d.R.)

- 1-Gate
- 2-Drain (mit Kühlflasche(4) verbunden)
- 3-Source

Die neueren SMD Varianten werden oft mit der Kühlflasche (4) flach auf die Platine (PCB) gelötet, sodass die Kupferfläche ('pad') zugleich Drain-Anschluss und Kühlkörper (heat sink) darstellt und das Anschlussbein (2) fehlt.

Die PwrMosFETs halten einiges aus; zwei Miss-handlungen **töten** sie jedoch rasch und dauerhaft:

- a) Überschreiten der $U_{GS,max}$ (meist $\pm 20V$) (auch **nur 1 [ns] !**)
Elektronen oder Metall-Ionen durchschlagen das Gate-Oxid und bleiben z.T. dort 'hängen', sodass diese Isolationsschicht leitend wird — das war's dann.

b) Überhitzung

Die Atombewegungen werden so heftig, dass die Dotierungs-Atome ihren Platz verlassen (dem E-Feld folgend). Dies baut die Dotierungs-Grenzschichten ab/um zu einem falsch dotierten Bauteil, das dann immer schlechtere Verstärkungen und Schaltzeiten aufweist und schließlich dauerleitend wird.

Weiters wandert ('vergiftet') Aluminium aus den Kontaktierungen ins Halbleitermaterial und überbrückt dort die Isolierungen; dies führt zu dauerleitenden Leistungshalbleitern.

Extrem überlasteten Bauteilen können aber auch interne Zuleitungs-Bond-Drähte ab-/durchschmelzen, sodass sie einfach nicht mehr kontaktiert sind (dann sperren sie natürlich).

Die TO-220 Gehäuse (case) führen ohne Kühlkörper kaum Wärme ab und werden schon bei nur 1W Leistung unzulässig warm; bei 3W leben sie nur **wenige Sekunden** (experimentell ermittelt). Schon kleine U- oder Fingerkühlkörper verbessern das erheblich.

Wir messen deshalb, wie im Leistungsbereich üblich, 'gepulst', d.h. mit Rechtecksignalen *kurzer* Einschaltzeit. Mit 'kurz' meinen wir solche Einschaltzeiten, die die spezifizierten, maximalen 'single pulse avalanche energy' (zB. $E_{AS} = 91[mJ]$) und 'repetitive avalanche energy' (zB. $E_{AR} = 4.8[mJ]$) -Angaben des Bauteils ausreichend unterschreiten.

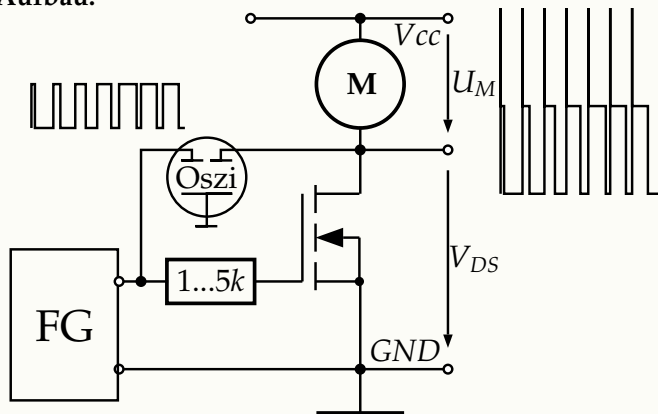
(Energie $W[Joule] = P[Watt] \times t[Sekunden]$)

3.3.2 Anstiegs-/Abfall-/Verzögerungs-Zeiten:

Bewertungsschema:

- ☐ erstelle eine Bewertungs-Checkliste zum Abhaken (nur Stichworte)
- ☐ bestimme ggf. geeignete Stromversorgung(en)
- ☐ zeichne einen Geräte-Aufstell-Plan
- ☐ zeichne einen Messaufbau-Anschlussplan
- ☐ erstelle die Liste erforderlicher Laborgeräte, Adapter und Kabel
- ☐ erstelle ein Messprotokoll-Leerformular für
x: Tastverhältnis p , y: Motorspannung U_{Mot} .
- ☐ führe das Experiment aus und protokolliere die Messwerte
Achte auf sauberen Experimentaufbau und sorgfältige Vorgangsweise!
- ☐ erstelle ein x/y-Diagramm aus dem Messprotokoll,
 - ☐ beschrifte die Diagrammachsen korrekt
 - ☐ zeichne die ausgleichende Kurve und
 - ☐ ermittle die Messfehlergrenzen in einem der mittleren Messpunkte nach Gauss'scher Fehlerrechnung. Oszilloskop: $\pm 3\%$, FG: $\pm 5\%$, NT: $\pm 10\%$, R-Dekade: $\pm 1\%$

Aufbau:



Mess-Serie:

Bei 5 verschiedenen Rechteck-Tastverhältnissen p ist die Motorspannung U_{Motor} zu ermitteln: und als Diagramm U_{Motor} / p darzustellen.

x: p	y: U_M

In einem mittleren Messpunkt sind zudem die

t_{rise} Drainspannungs-Anstiegszeit

t_{fall} Drainspannungs-Abfallzeit

$t_{d,on}$ Drainspannungs-Einschaltverzögerungszeit

$t_{d,off}$ Drainspannungs-Ausschaltverzögerungszeit

zu bestimmen.

Zeichne die **ausgleichende Kurve** und ermittle die **Messfehlergrenzen** in einem mittleren Diagrammpunkt nach Gauss'scher Fehlerfortpflanzung. S.39

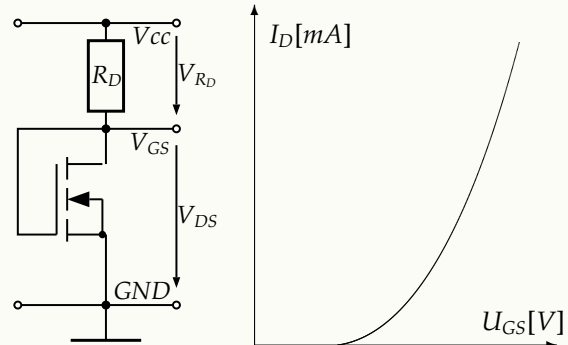
3.3.3 MosFET-Schwellenspannung V_{th}

Bewertungsschema:

- ☐ erstelle eine Bewertungs-Checkliste zum Abhaken (nur Stichworte)
- ☐ bestimme ggf. geeignete Stromversorgung(en)
- ☐ zeichne einen Geräte-Aufstell-Plan
- ☐ zeichne einen Messaufbau-Anschlussplan
- ☐ erstelle die Liste erforderlicher Laborgeräte, Adapter und Kabel
- ☐ erstelle ein Messprotokoll-Leerformular für
x: Gatespannung U_{GS} , y: Drainstrom I_D .
- ☐ führe das Experiment aus und protokolliere die Messwerte
Achte auf sauberen Experimentaufbau und sorgfältige Vorgangsweise!
- ☐ erstelle ein x/y-Diagramm aus dem Messprotokoll,
 - ☐ beschrifte die Diagrammachsen korrekt
 - ☐ zeichne die ausgleichende Kurve und
 - ☐ ermittle die Messfehlergrenzen in einem der mittleren Messpunkte nach Gauss'scher Fehlerrechnung. Oszilloskop: $\pm 3\%$, FG: $\pm 5\%$, NT: $\pm 10\%$, R-Dekade: $\pm 1\%$

Mess-Aufgabe:

Ermittle die V_{GS} bei 5 Drainstromstärken durch Variation des Drainwiderstandes R_D ($I_{D,max}$ und $P_{diss,max}$ nicht überschreiten! Beachte die maximal-Verlustleistungen der Widerstände R_D . Potis ($P_V \approx 100mW$) und die R-Dekaden sind **nicht** geeignet!) und stelle die Abhängigkeit im $I_D(V_{GS})$ -x/y-Diagramm dar.



Mess-Serie:

Ermittle die U_{GS} Spannungen für die I_D Werte.

(Beachte die maximal-Verlustleistungen der Widerstände R_D - Potis ($P_V \approx 100mW$) und die R-Dekaden sind **nicht** geeignet!)

x: U_{GS}	y: I_D	R_D	$P_V = I_D^2 \cdot R_D$
	1mA		
	10mA		
	50mA		
	100mA		
	200mA		

Erstelle das $I_D(U_{GS})$ -Diagramm, zeichne die **ausgleichende Kurve** und ermittle die **Messfehlergrenzen** in einem mittleren Diagrammpunkt nach Gauss'scher Fehlerfortpflanzung. S.39

3.3.4 Durchbruchspannung V_{BR}

Methode: Da die V_{BR} meist über 50V liegt, wird von der Durchführung der Übung *dringend* abgeraten und die Übung untersagt!

Hier wird lediglich die Methode vorgestellt:

Selbstinduktionsspannung:

Mittels geeigneten Rechtecksignals wird eine Spule im Drainkreis des Power-MosFET periodisch schnellstmöglich abgeschaltet, wobei die Selbstinduktionsspannung am Drainanschluss die Vorwärtsdurchbruchsspannung V_{BR} (forward breakdown voltage) übersteigt, was am Oszilloskop beobachtbar ist.

Das Oszilloskop muss für die oft — je nach MosFET — mehrere Hundert oder Tausend Volt erreichende V_{BR} tauglich sein (bzw. gemacht werden). So ein Analog Discovery ist ungeeignet.

Unter $12V_{DC}$ und einige -zig mA reichen als Stromversorgung aus. Aufpassen, dass die Selbstinduktionsspannung nicht Deinem Netzteil oder 'Analog Discovery' schadet

- **keinste PC-Verbindungen!**
- **keinesfalls USB-Ports verwenden!**

CLIL:

Kickback voltage:

Applying a suitable (proper) square wave signal biasing the PowerMosFET, some coil current in its drain path gets switched off rapidly fast, so that the kickback voltage rises well above the MosFET's forward breakdown voltage V_{BR} , which can be observed then as V_{DS} with an oscilloscope.

Select moderate currents (100mA range) and secure low supply voltages (eg. $<12V_{DC}$)

Kickback voltages can damage sensible power supplies! Keep off any USB ports and other computer-connected gear as e.g. 'Analog Discovery' devices!

Übung zu Gefahren:

Liste alle Gefahren dieses Experimentes für Mensch und Gerätschaft plus jeweiliger Gegenmaßnahmen übersichtlich auf.

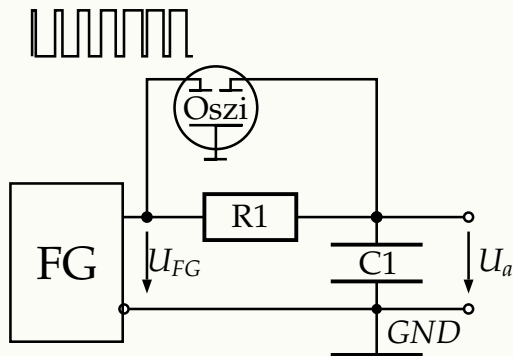
3.4 DAC

3.4.1 Pwm-DAC

Bewertungsschema:

- ☐ erstelle eine Bewertungs-Checkliste zum Abhaken (nur Stichworte)
- ☐ bestimme ggf. geeignete Stromversorgung(en)
- ☐ zeichne einen Geräte-Aufstell-Plan
- ☐ zeichne einen Messaufbau-Anschlussplan
- ☐ erstelle die Liste erforderlicher Laborgeräte, Adapter und Kabel
- ☐ erstelle ein Messprotokoll-Leerformular für
x: Tastverhältnis p , y: Ausgangsspannung U_a .
- ☐ führe das Experiment aus und protokolliere die Messwerte
Achte auf sauberen Experimentaufbau und sorgfältige Vorgangsweise!
- ☐ Zusammenhang von $f(\text{FG})$, R_1 , C_1 und Welligkeit (*ripple*) $w(U_a)$?
- ☐ erstelle ein x/y-Diagramm aus dem Messprotokoll,
 - ☐ beschrifte die Diagrammachsen korrekt
 - ☐ zeichne die ausgleichende Kurve und
 - ☐ ermittle die Messfehlergrenzen in einem der mittleren Messpunkte nach Gauss'scher Fehlerrechnung. Oszilloskop: $\pm 3\%$, FG: $\pm 5\%$, NT: $\pm 10\%$, R-Dekade: $\pm 1\%$

Mess-Aufgabe:



Wähle Pulsfrequenz $f(\text{FG})$, R_1 und C_1 für geringe Welligkeit von U_a und doch ausreichend rasche Reaktion auf Änderungen von p

Mess-Serie: Ermittle aus einem 0V/1V-Rechtecksignal (FG) die U_a bei 5 Tastverhältnissen p , (darunter auch Minimum $p_{\min}$ und Maximum $p_{\max}$) und stelle die Abhängigkeit im $U_a(p)$ -Diagramm dar.

x: p	y: U_a

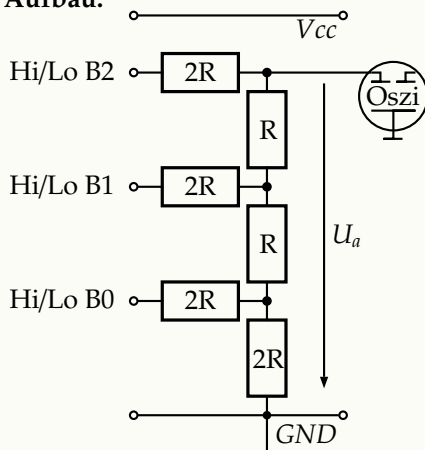
Zeichne die ausgleichende Kurve und ermittle die Messfehlergrenzen in einem mittleren Diagrammpunkt nach Gauss'scher Fehlerfortpflanzung (S.39).

3.4.2 R/2R-DAC

Bewertungsschema:

- ☐ erstelle eine Bewertungs-Checkliste zum Abhaken (nur Stichworte)
- ☐ bestimme ggf. geeignete Stromversorgung(en)
- ☐ zeichne einen Geräte-Aufstell-Plan
- ☐ zeichne einen Messaufbau-Anschlussplan
- ☐ erstelle die Liste erforderlicher Laborgeräte, Adapter und Kabel
- ☐ erstelle ein Messprotokoll-Leerformular für
x:Eingangs-Binärzahl, y:Ausgangsspannung U_a .
- ☐ Schaltungsaufbau am Steckbrett
Achte auf sauberen Experimentaufbau und sorgfältige Vorgangsweise!
- ☐ führe das Experiment aus und protokolliere die Messwerte
- ☐ erstelle ein x/y-Diagramm aus dem Messprotokoll,
 - ☐ beschrifte die Diagrammachsen korrekt
 - ☐ zeichne die ausgleichende Kurve und
 - ☐ ermittle die Messfehlergrenzen in einem der mittleren Messpunkte nach Gauss'scher Fehlerrechnung. Oszilloskop: $\pm 3\%$, FG: $\pm 5\%$, NT: $\pm 10\%$, R-Dekade: $\pm 1\%$

Aufbau:



(*) Eingangssignale 'Hi' u. 'Lo' sind mit Drahtbrücken nach V_{cc} bzw. GND herzustellen bzw. noch besser mit einem Digitalzähler zu speisen.

Errechne Ausgangsspannung und -Widerstand für alle 8 Input-Binärzahlen (Spannungsteiler, Helmholtzmethode = Superposition)

Mess-Serie:

Ermittle U_a bei 5 Eingangsbinärzahlen n , und stelle die Abhängigkeit im $U_a(n)$ -Diagramm dar.

x: n	y: U_a

Zeichne die ausgleichende Kurve und ermittle die Messfehlergrenzen in einem mittleren Diagrammpunkt nach Gauss'scher Fehlerfortpflanzung (S.39).



3.5 GND-Impedanz messen

Aufgabe:

Entwickle eine Laboranleitung zur Messung der Impedanz Z_{GND} der GND-Verbindung und Bestimmung einer Ersatz-RLC-Kombination mit derselben Impedanz. Beweise die Brauchbarkeit Deiner Lösungsvorschläge mittels eigener Messung und Auswertung

Angeblich zeichnen sich HTLer im Gegensatz zu *Knödelschülerinnen* ja dadurch aus, eigenständig selber mitdenken zu können — dann mach das bitte jetzt

Das zu verwendende Bewertungsschema sei:

- ☐ zeichne einen **Messaufbau-Anschlussplan(1)**
- ☐ führe das Experiment aus und **protokolliere die Messwerte(2)**
- erstelle aus dem Messprotokoll ein **x/y-Diagramm(3)**,
 - ☐ beschrifte die Diagrammachsen korrekt
 - ☐ trage Messpunkte ein, zeichne die *ausgleichende* Kurve und
 - ☐ ermittle die **→Messfehlergrenzen(4)** (zB. Gauß'sche Fehlerrechnung)

3.6 Linux am RaspberryPi

Aufgabe:

Verbinde Deinen PC mit Deinem RaspberryPi (RasPi) ('Angry IP Scanner', 'Wireshark', APIPA/Zeroconf, Bonjour, 169.254.15.224 ?) und starte dort einen Webserver (apache/apache2), erstelle eine 'index.html' im Webtree-Home und rufe sie ab. Bringe das C-Demo 'Richards kleiner Webserver':

Listing 1: Richards kleiner Webserver

```
/* File Richards 'wpeepXcB.c' , cfs@GcF,PbQ,XcB
 * shows message from Web-Browser
 * +sends very simple reply
 * compile: gcc wpeepXcB.c -o rwpeep
 * run      : ./rwpeep <portNr> (zB "./rwpeep 50100")
 * stop     : Strg+C oder "serverstop" im URLstring
 */
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <ctype.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>
#include <arpa/inet.h>
#include <unistd.h>
#ifdef SO_REUSEPORT
#define SO_REUSEPORT 15
#endif
#define IpPort (argv[1])
int inhaltAnzeigenSieheUnten(char*);

/*MAIN:*/
int main(int argc, char **argv){
    int      fdPORT, fdCOMM, lenC, rl=0;
    char      buf[4096], buf2[4096], *s, hostName[256];
    struct sockaddr_in  s_address;
    struct sockaddr     c_address;

    if(argc<2){ printf("usage: %s <PortNumber>",*argv); exit(0); }
    gethostname(hostName, 255);
    fdPORT = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
    s_address.sin_family = AF_INET;
    s_address.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY); //ex:inet_addr("127.0.0.1");
    s_address.sin_port = htons(atoi(IpPort));
    int one=1; setsockopt(fdPORT, SOL_SOCKET, SO_REUSEPORT, &one, sizeof one);
    if(bind(fdPORT, (struct sockaddr *) &s_address, sizeof(s_address))){
        perror("bind failed"); exit(EXIT_FAILURE);
    }
    listen(fdPORT, 5);
    for(;;){
        printf("server: %s%s waiting at port:%d\n", argv[0], hostName, atoi(IpPort));
        lenC = sizeof(c_address);
        fdCOMM = accept(fdPORT, &c_address, &lenC);
        if(1 > (rl=read(fdCOMM, buf, sizeof(buf)-2 ))) break; /*nix zu lesen*/
        buf[rl]=0; inhaltAnzeigenSieheUnten(buf);
        snprintf(buf2, sizeof(buf2)-1,
            "HTTP/1.0 200 OK\r\nServer: RWS\r\nContent-Type: text/html\r\n\r\n"
            "<html><body bgcolor=tan><h1>RWS - kleiner Webserver</h1>\n"
            "<br>Nur zum Testen, ein kleiner text...\n"
            "<hr><small>(c)2005 richard weinberger</small></body></html>\r\n\r\n"
        );
        write(fdCOMM, buf2, strlen(buf2));
        close(fdCOMM);
        if(strstr(buf, "serverstop")) break; /*"geheim"-shutdown URLstring*/
    }
    shutdown(fdPORT, SHUT_RDWR);
    close(fdPORT);
}
```



```
printf("\nserver \"%s\" terminated.\n",*argv);
}/*end of main*/

int inhaltAnzeigenSieheUnten(char *s){
printf("\n*-----new-message:-----*\n");
for(;*s;s++){
    if(isprint(*s)) putchar(*s);
    else printf("(0x%02X)",*s);
    if('\n'==*s) putchar('\n');
}
printf("\n*-----message-end-----*\n");
}
```

auf Dein RasPi, compile es dort mit dem 'gcc' (s.Kommentar) und starte es. Kontaktiere es per Webbrowser von Deinem PC.

3.7 Leitung

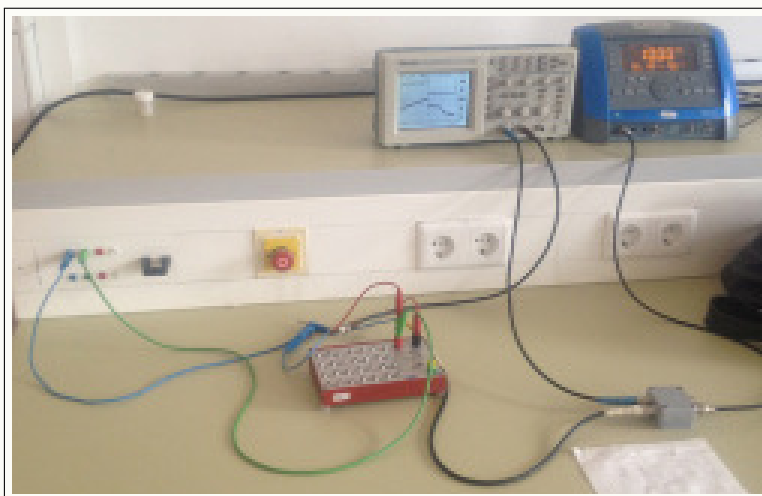
Bedarf

Arbeitsplatz mit Leitungsenden	A408 - Labor Ost
Rechteck-Generator	Labor-FG
Vorwiderstand	R-Dekade od. Steckbrett
Analyse	Oszilloskop
Abschlusswiderstand (terminator)	R-Dekade
Verbindungen	div. Kabel u. Adapter mit
	· BNC-Steckern (BNC connector),
	· Büschelsteckern (banana plug),
	· Krokodilklemmen (crocodile clip/clamp)

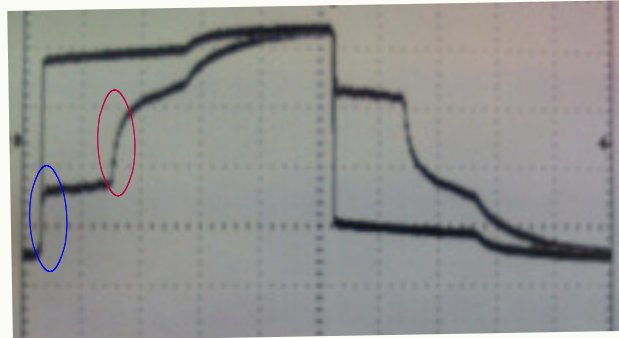
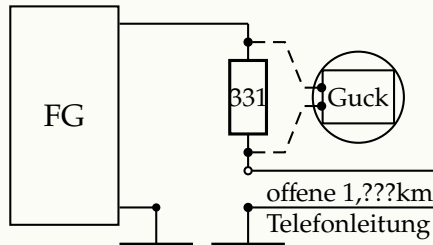
Bewertungsschema:

- ☐ erstelle eine Bewertungs-Checkliste zum Abhaken (nur Stichworte)
- ☐ bestimme ggf. geeignete Stromversorgung(en)
- ☐ zeichne einen Geräte-Aufstell-Plan
- ☐ zeichne einen Messaufbau-Anschlussplan
- ☐ erstelle die Liste erforderlicher Laborgeräte, Adapter und Kabel
- ☐ erstelle ein Messprotokoll-Leerformular für
x: Abschlusswiderstand R_L , y: Amplitude reflektierter Pulse U_{refl} .
- ☐ führe das Experiment aus und protokolliere die Messwerte.
Achte auf sauberen Experimentaufbau und sorgfältige Vorgangsweise!
- ☐ erstelle ein x/y-Diagramm aus dem Messprotokoll,
 - ☐ beschrifte die Diagrammachsen korrekt
 - ☐ zeichne die ausgleichende Kurve und
 - ☐ ermittle die Messfehlergrenzen in einem der mittleren Messpunkte nach Gauss'scher Fehlerrechnung. Oszilloskop: $\pm 3\%$, FG: $\pm 5\%$, NT: $\pm 10\%$, R-Dekade: $\pm 1\%$

Aufbau:



Aufbau am
Leitungs-
messplatz
im A408-
Labor-Ost



Oszillogramm am Leitungsmessplatz im A408-Labor-Ost:

Spannungssprung: 1.0V
Reflexion nach: 14 μ s
 $Z_w = 136 \Omega$



Mess-Aufgabe:

Ermittle alles über die Leitung, was sich aus den Oszillogrammen ablesen lässt!

Messreihe

Ermittle aus einem 0V/1V-Rechtecksignal (FG) "geeigneter" Frequenz die Amplitude der reflektierten Impulse U_{refl} bei 5 verschiedenen Abschlusswiderständen R_L , (darunter auch offenes Ende, Kurzschluss und Nullreflexion) und stelle die Abhängigkeit im $U_{refl}(R_L)$ -Diagramm dar. (Hinweis: Betrachte die ansteigende Signalflanke statt der fallenden, das ist weniger verwirrend)

x: $R_L[\Omega]$	y: U_{refl}
0	
Z_0 :	
∞	

Zeichne die ausgleichende Kurve und ermittle die Messfehlergrenzen in einem mittleren Diagrammpunkt nach Gauss'scher Fehlerfortpflanzung (S.39).

3.7.1 Experiment: Leitung im Labor

1 theoretische Vorbereitungen:

Begriffe *Wellenwiderstand, Abschlusswiderstand, Reflexionsfaktor, Dämpfung, Laufzeit, Verkürzungsfaktor, Wellenlänge, Resonanzwellenlänge*. Recherchiere zum Vergleich Z_0 , C , L und v von LAN - 'Twisted-Pair' - Leitung.

Unsere Zweidraht-Messleitung ist angeblich zwischen 1200m und 1500m lang — welche Mess-Pulsfrequenzen und -Pulsweiten eignen sich? - welche nicht? Pulsdauer t_p ? Pulsamplitude U_p ? Vorwiderstand R_v ? vermutl. Abschlusswiderstand Z_0 ? Verkürzungsfaktor v ?

2 Ablauf:

Speise die Leitung mit Impulsen (Rechteck geht auch) aus dem FG über einen Vorwiderstand (Dekade)

→ reflektierte Signale überlagern sich am Einspeisepunkt nach Ablauf der hin-her-Laufzeit.

Untersuche die Abhängigkeiten von Pulsdauer, Pulsfrequenz, Pulsflankensteigung, Einspeisevorwiderstand (Innenwiderstand des FG mitbedenken).

Mess-Serie: Ermittle die 'Höhe' der **reflektierten** Signal-Pulse bei 5 verschiedenen Leitungs-Abschlusswiderständen, darunter:

- *offenem* Leitungs-Ende, dh. Abschlußwiderstand $Z_L = \infty$
- *kurzgeschlossenem* Leitungs-Ende, dh. Abschlußwiderstand $Z_L = 0\Omega$
- *abgeschlossenem* Leitungs-Ende, dh. Abschlußwiderstand $Z_L = Z_0$ (Dekade)

(bei korrektem Z_0 verschwindet die Reflexion!)

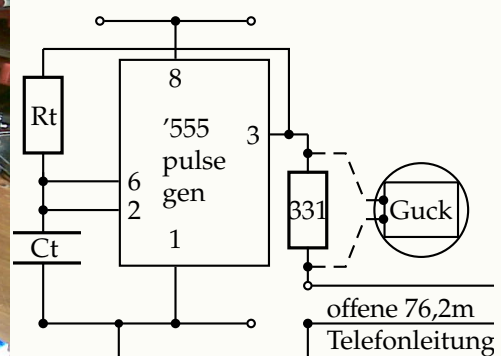
Kleine Oszi-Übung für Engagierte: Das Oszi kann "CH1-CH2" subtrahieren. Benutze diese Funktion, um die Einspeise-Impulse aus dem Bild zu entfernen, sie jedoch zur Ablenk-Triggerung zu verwenden.

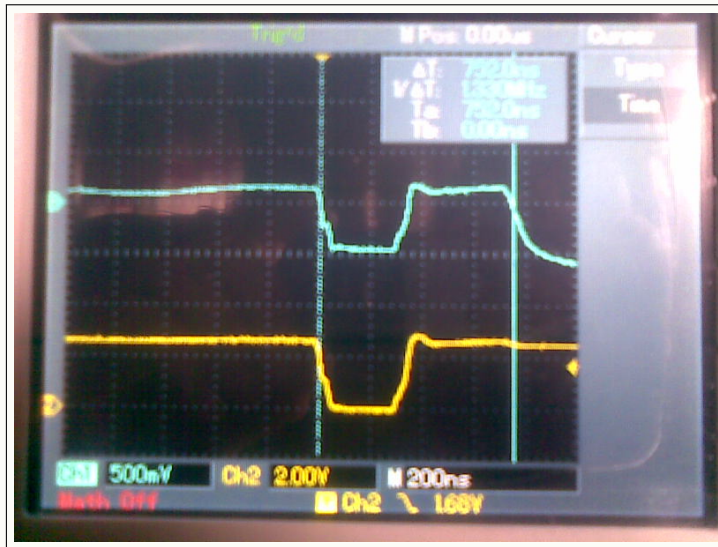
2 Errechne (in einem geeigneten Messpunkt):

- a) **Leitungsimpedanz 'Wellenwiderstand'** Z_0 aus dem Spannungsabfall am Vorwiderstand
- b) **Wellenwiderstand** Z_0 durch zum-Verschwinden-Bringen der Reflexion mittels passenden Abschlußwiderstandes am Leitungsende (Dekade, probieren)
- c) **Laufzeit** Deiner Impulse
- d) elektrische **Leitungslänge** (aus der Impuls-Laufzeit; weil die Lichtgeschw. c_m auf der Leitung kleiner ist als c_0 im Vakuum, erscheint die Leitung länger, als sie wirklich ist:
 $c_m^2 = 1/\mu_m \epsilon_m$; Leitungsimpedanz ('Wellenwiderstand') $Z_0 = \sqrt{L/C}$
den Faktor $v = c_m/c_0$ nennt man 'Verkürzungsfaktor' v)
- e) **Dämpfung** a pro 100m (Experten auch pro physikalischem Meter)
- f) **Kapazitätsbelag** ($= C$ pro Meter Leitung) aus $\tau = R * C$ bei am Ende offener Leitung
- g) **Induktivitätsbelag** ($= L$ pro Meter Leitung) aus $\tau = L/R$ bei kurzgeschlossener Leitung

Denk selber, wie letztendlich zu messen ist, um obiges zu ermitteln — es ist weit weniger Arbeit als es klingt (bei kompetenter Vorbereitung; Tabellenkalkulation is praktisch)

Beispiel: a 250ft phone line





blau(bu): Chan1: (Messpunkt)
Signal nach Rv

gelb(ye): Chan2: (Quelle)
NE555-Pin3 Squarewave

bu: kleiner (500mV/div) → U-Teiler



Pulse: lang
Frequenz: niedrig
(etwa Rechteck)

man erkennt Echos
an den Stufen-Sprüngen

Solange kein Echo eintrifft
ist nur die Kabel-Impedanz wirksam
(als wäre sie unendlich lang)

→

Rv (330Ω) und die Leitung **teilen** sich die Spannung.

Der Signalspannungssprung(2,9V) sinkt am Kabel auf 700mV ab:

$$\Delta U_{\text{Signal}} = 2,9V$$

$$\Delta U_{\text{Kabel}} = 700mV$$

$$Z_{in} = 330\Omega \times \frac{700mV}{2,9V - 700mV}$$

$$= 105\Omega$$

Signal- Weg:

Echo erscheint nach:

$$\Delta t = 760ns,$$

$$\rightarrow \Delta x = c * \Delta t$$

$$= 300E6 m * 0.76us$$

$$= 228m$$

schön wär's - das ist die *elektrische* Länge.

Im Kabel (Medium) geht's langsamer als 'c₀' (Vakuum)

wirklicher Weg: 2x76,2m = 152,4m

Verkürzungsfaktor v_{med}: 152,4/228 = 0,668

Der Einfluss der Materie auf die elektromagnetische Wellen-Ausbreitungsgeschwindigkeit (*Lichtgeschwindigkeit*) wird durch deren Permittivität und Permeabilität beschrieben.

Es sind:

$$\begin{aligned} c_{med}^2 &= \frac{1}{\mu\epsilon} \\ &= \frac{1}{\mu_0\mu_r\epsilon_0\epsilon_r} \\ &= \frac{1}{\mu_0\epsilon_0} * \frac{1}{\mu_r\epsilon_r} \\ &= c_0^2 * \frac{1}{\mu_r\epsilon_r} \end{aligned}$$

"Verkürzungsfaktor" v:

$$v = \frac{c_{med}}{c_0} = \frac{1}{\sqrt{\mu_r\epsilon_r}}$$

Da übliche HF-Leitungen nicht mit Ferriten ummantelt sind, aber Isolationen aus Kunststoffen wie Schaumstoff, Teflon, Polyäthylen mit $\epsilon_r = 2 \dots 3$ bestehen, ist

$$\mu_r \approx 1$$

und der Verkürzungsfaktor hängt nur noch vom ϵ_r ab:

$$v_{med} \approx \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad c_{med} = c_0 * v_{med} \approx \frac{c_0}{\sqrt{\epsilon_r}}$$



Noch mehr erfährt man, wenn die Pulse so lang sind, dass das ganze Echo-hin-und-her zwischen den Pulsen abklingen kann:

Meine Leitung ist auf der Trommel aufgewickelt, das innere Ende unerreichbar, daher offen. Der Einschaltvorgang lädt das Kabel-C, es baut sich

aber — wegen des offenen Endes — kein stationärer Gleichstrom auf. Somit sieht man eine RC-Auf/Entladekurve. (Wir verwenden die fallende Flanke, weil sie steiler ist)

→ das Kabel (ent)lädt sich wie ein Kondensator

→ Zeitkonstante 2.2τ aus der Anstiegs/Abfallzeit

(10%/90%) ermitteln: $t_r \approx 3\mu s$
 (diese Oszi-Ablesung ist sehr ungenau!)
 $\rightarrow R \cdot C = \tau = t_r / (0.35 \cdot 2\pi) = t_r / 2.2 = 1.36[\mu s]$
 $\rightarrow C = \frac{\tau}{R} = \frac{1.36\mu s}{330\Omega} = 4.1[nF]$ (die ganze Länge)
 jetzt kennen wir Z_0 und C_{ges} der Leitung, daraus errechnen wir
 $\rightarrow Z_0^2 = L/C \rightarrow L = C \cdot Z_0^2 = 4.1n \cdot 101^2 = 41.79 \mu H$
 und mit (hinterhältiger) Kenntnis der mechanischen Leitungslänge 76,2m:
 $\rightarrow C\text{-Belag} = 4.1 nF / 76.2m = 53.76 pF/m$
 $\rightarrow L\text{-Belag} = 41.79 \mu H / 76.2m = 548 nH/m$

Nun sind doch

$$C = \epsilon \cdot \frac{A^2}{d}$$

$$L = \mu \cdot \frac{A^2}{l} \quad (N_{Windg} = 1)$$

bei einem Stück Leitung der Länge dx:

Länge der el. Feldlinien vom Kern bis zum Schirm (ohne Kernradius!):

$$d = \text{SchirmRadius } R$$

Länge der mag. Feldlinien im Schirm:

$$l = 2 \cdot \pi \cdot R$$

Damit ist

$$\frac{L}{C} = \frac{\mu \cdot \frac{A^2}{2\pi R}}{\epsilon \cdot \frac{A^2}{R}}$$

$$= \frac{\mu}{2\pi\epsilon}$$

$$= Z^2$$

Da wir von $\mu_r = 1$ ausgehen, wird ϵ_r abschätzbar:

$$Z^2 = \frac{\mu}{2\pi\epsilon}$$

$$= \frac{\mu}{2\pi\epsilon_0\epsilon_r}$$

$$\epsilon_r = \frac{\mu}{2\pi\epsilon_0 Z^2}$$

$$= \frac{2\pi 10^{-7}}{2\pi \cdot 8.854E-12 \cdot 105^2}$$

$$= 2.049$$

Der Verkürzungsfaktor ist dann

$$v_{med} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2.049}}$$

$$= 0.698$$

was eine mechanische Länge von

$$len_{mech} = 228 m_{el} / 2 \cdot 0.698$$

$$= 79.64 m_{mech} \quad \text{ausmacht}$$



Mit dieser Methode kriegen wir also schon *alles* über diese Leitung heraus, ohne sie von der Trommel abzuwickeln und deren Länge zu wissen. Wir brauchten keinen teuren Pulsgenerator, ein 555er tut's auch.

Auf diese Herleitung würdi keinen Cent geben, wenni Du wär. Angesichts der saumässigen RC-Anstiegszeitmessung fürs 'C' und des vernachlässigten Innenleiterdurchmessers ist dieses Ergebnis eine Hausnummer; purer Zufall, dass es dem mechanisch ermittelten Wert 0.668 so nahe liegt. Unser Lu Stone würd sich im Kühlschrank verstecken!
(iXH hätt aber auch um 5 Zehnerpotenzen danebenliegen können — ist das jetzt *schlau* oder *stussig*? :-))

3.8 LC-Kreis

- bitte LaborHandBuch(JN) beachten

Bewertungsschema:

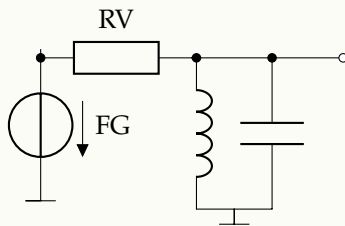
- ☐ zeichne einen **Messaufbau-Anschlussplan**
- ☐ erstelle eine Messprotokoll-Leertabelle (mind. 5 Messpunkte) für Messwert-Reihen Deines Experiments (x-Werte vorgeben, Leerfelder für y-Werte) zB. $v(U_e)[Hz]$, $\hat{U}_a[V_{ss}]$, $\hat{U}_a(R_s)$ udgl.
- ☐ führe das Experiment aus und **protokolliere die Messwerte**

erstelle aus dem Messprotokoll ein **x/y-Diagramm**,

- ☐ beschrifte die Diagrammachsen korrekt
- ☐ trage Messpunkte ein, zeichne die *ausgleichende* Kurve und
- ☐ ermittle die Messfehlergrenzen (zB. Gauss'sche Fehlerrechnung)

Messaufgabe-1:

Ermittle Frequenz und Amplitude des Maximums v. $\hat{U}_a$



Ermittle geeigneten RV-Wert selbst

- Vorwiderstand R_v verhindert, dass der FG mit seinem Innenwiderstand 50Ω das Messsignal kurzschließt
- R_v und LC bilden einen Spannungsteiler
- kleines R_v belastet den LC-Kreis (via FG)
- großes R_v führt zu großem Spannungsteilverhältnis
- LC-Kreis: je Belastung $\rightarrow$ desto breitbandig
- $\boxed{\omega L \cdot \omega C = 1} \rightarrow f_{res} = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$
- $R \rightarrow R$ -Dekade
- $C \rightarrow C$ -Dekade
- $L \rightarrow ???$ (Spulendekade im Dekadenkasten)

3.9 Z-Diode

- bitte LaborHandBuch(JN) beachten

Bewertungsschema:

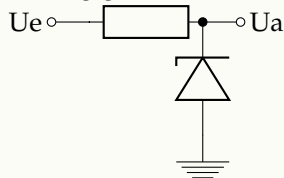
- ☐ zeichne einen **Messaufbau-Anschlussplan**
- ☐ führe das Experiment aus und **protokolliere die Messwerte**

erstelle aus dem Messprotokoll ein **x/y-Diagramm**,

- ☐ beschrifte die Diagrammachsen korrekt
- ☐ trage Messpunkte ein, zeichne die *ausgleichende* Kurve und
- ☐ ermittle die **Messfehlergrenzen** (zB. Gauss'sche Fehlerrechnung)

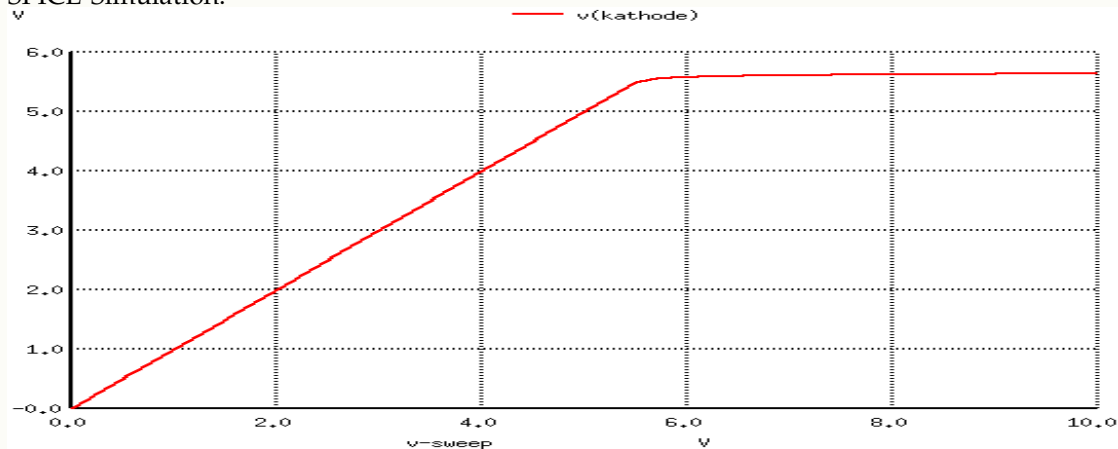
Messaufgabe-1:

Abhängigkeit der U_a -Stabilisierungswirkung der R-zD Schaltung von der Eingangsspannung U_e



Variante: Man speise U_e mit FG:Rampensignal und vermesse ΔU_a am Oszilloskop

SPICE-Simulation:



3.10 Wheatstone'sche Messbrücke

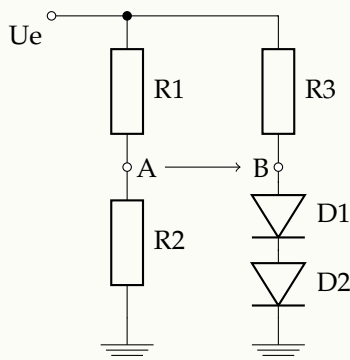
- bitte LaborHandBuch(JN) beachten

Bewertungsschema:

- ☐ notiere zum Abhaken die *Stichworte* dieser Liste
- ☐ bestimme die geeignete Stromversorgung
- ☐ erstelle die Liste erforderlicher Laborgeräte, Adapter und Kabel
- ☐ zeichne einen Geräte-Aufstell-Plan
- ☐ zeichne einen **Messaufbau-Anschlussplan**
- ☐ erstelle eine Messprotokoll-Leertabelle (mind. 5 Messpunkte) für Messwert-Reihen Deines Experiments (x-Werte vorgeben, Leerfelder für y-Werte) zB. $v(U_e)[Hz]$, $\hat{U}_a[V_{ss}]$, $\hat{U}_a(R_s)$ udgl.
- ☐ führe das Experiment aus und **protokolliere die Messwerte**

erstelle aus dem Messprotokoll **ein x/y-Diagramm**,

- ☐ beschrifte die Diagrammachsen korrekt
- ☐ trage Messpunkte ein, zeichne die *ausgleichende* Kurve und
- ☐ ermittle die **Messfehlergrenzen** (zB. **Gauss'sche Fehlerrechnung**)

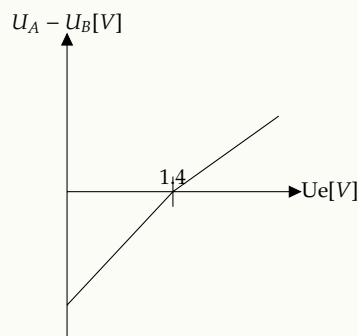


Messaufgabe-1:

Ermittle die Abhängigkeit der U_{A-B} von $U_e (=V_{cc})$

13.Dez'22 Simulation: Als 'Übertragungskennlinie $U_a = (U_A - U_B)/U_e$ ' (DC-Analyse), aus welcher die Messwert-Tabelle und die Gauß'sche Fehlerrechnung bitte zu erstellen wären. solange $U_e < 1.4V$

($U_{D1} + U_{D2}$ ist es, als würden die Dioden fehlen, sodass $U_{R3} = U_e$. Ab $U_e > 1.4V$ sind $U_A = U_e * \frac{R2}{R1 + R2}$ und $U_B = 1.4$, somit $U_a = U_A - U_B = U_e * \frac{R2}{R1 + R2} - 1.4V$.



Dieser XH-gedachte, unkontrollierte Kurvenverlauf **ist aber falsch!**

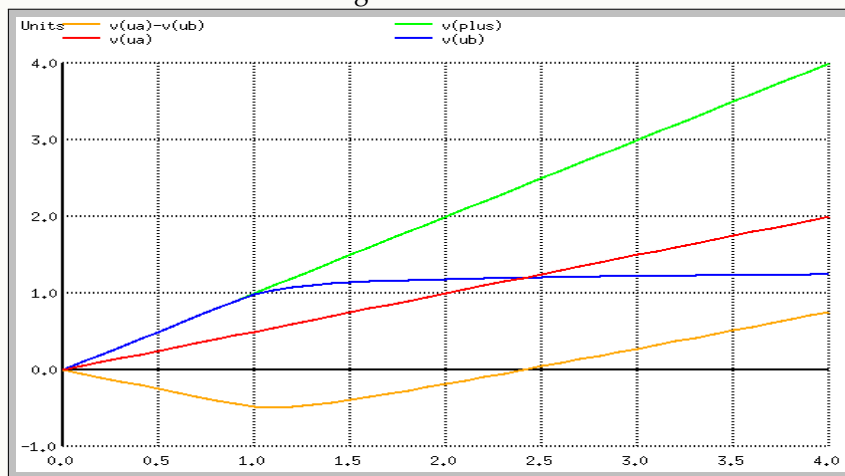
Die Ergebnisse der Teilnehmer sowie meiXHne Kontroll-SPICE-Simulation mit

* Messbruecke W1L
* UebertragungsKennlinie y:UA-UB x:Ue

```
VUe    plus    0      DC 10
R1     plus    UA     10k
R2     UA      0      10k
R3     plus    UB     10k
D1     UB      UB2    1N4148
D2     UB2     0      1N4148

.control
DC      VUe    0V 4V 0.1Vstep
set color0=white color1=black
PLOT    v(UA) v(UB) v(UA)-v(UB) v(plus)
.endc
*.MODEL 1N4148 DMOD
.end
```

vom Mi-21.Dez'22-0820 ergaben:



3.11 NE555: OPV-Komparator + RSFF

- bitte Luke-Anleitung beachten ("C01"-Laufwerk)

Bewertungsschema:

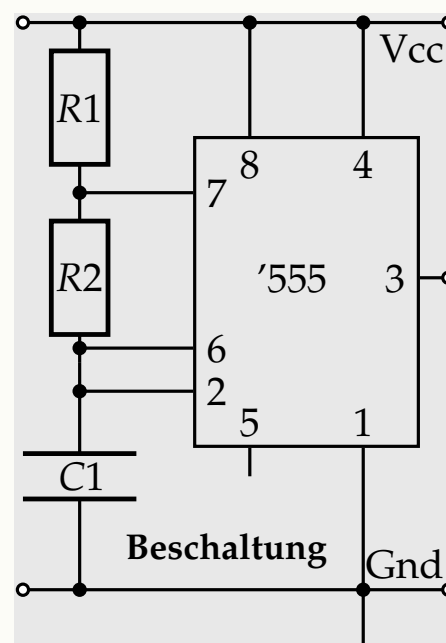
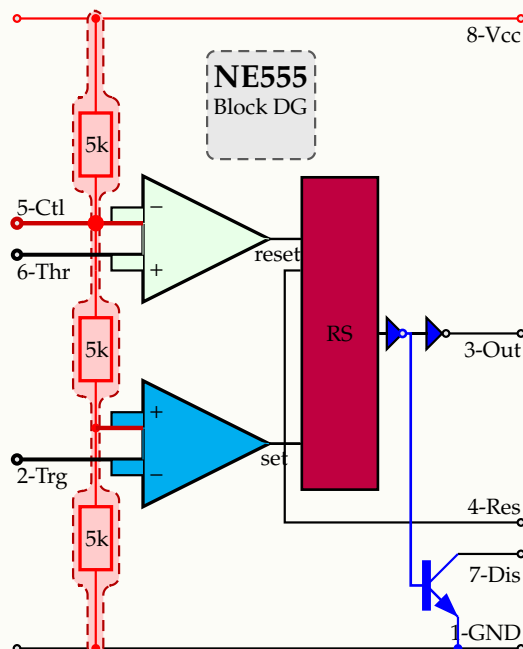
- ☐ notiere zum Abhaken die *Stichworte* dieser Liste
- ☐ bestimme die geeignete Stromversorgung
- ☐ erstelle die Liste erforderlicher Laborgeräte, Adapter und Kabel
- ☐ zeichne einen Geräte-Aufstell-Plan
- ☐ zeichne einen Messaufbau-Anschlussplan
- ☐ erstelle ein Messprotokoll-Leertabelle für Messwert-Reihen Deines Experiments (x-Werte vorgeben, Leerfelder für y-Werte) zB. $\hat{U}_a(V_{cc})$, $f_a(C_s)$, $\hat{U}_a(R_s)$ udgl.
- ☐ führe das Experiment aus und protokolliere die Messwerte

erstelle aus dem Messprotokoll ein x/y-Diagramm,

- ☐ beschrifte die Diagrammachsen korrekt
- ☐ trage Messpunkte ein, zeichne die *ausgleichende* Kurve und
- ☐ ermittle die Messfehlergrenzen (zB. Gauss'sche Fehlerrechnung)

Messaufgabe-1: Ermittle die Abhängigkeit des Tastverhältnisses p von der (zulässigen!) Betriebsspannung.

Messaufgabe-2: Ermittle minimales und maximales Tastverhältnis p_{min} , p_{max} anhand einer Messreihe (5 Messpunkte).



3.11.1 RC-Auf/Entladekurve

Die Kondensator-Entladung eines RC-Gliedes folgt

$$U_C(t) = U_{C,max} * e^{-t/\tau}$$

mit $\tau = RC$.

und die Aufladung

$$U_C(t) = U_{C,max} * (1 - e^{-t/\tau})$$

Die oft gesuchte Umkehrfunktion ist

$$t/\tau = -\ln(U_C(t)/U_{C,max})$$

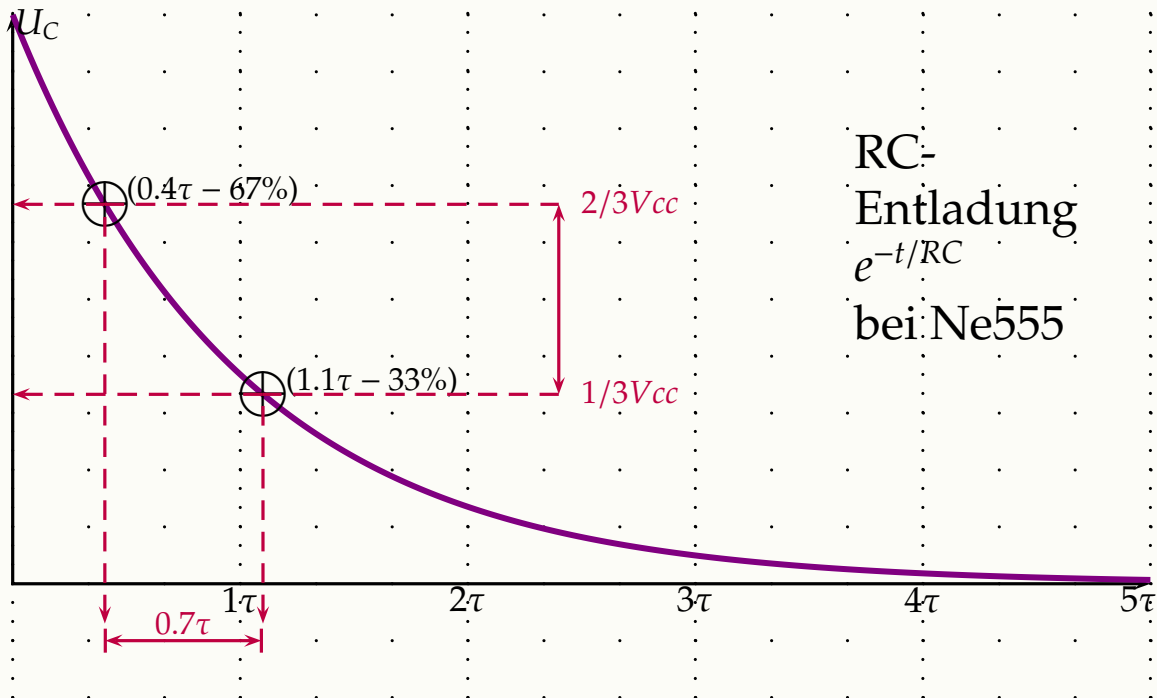
bzw. in Sekunden: $\frac{t}{[s]} = -RC * \ln\left(\frac{U_C(t)}{U_{C,max}}\right)$

und falls Du keine "ln()" Funktion hast: $\frac{t}{[s]} = -\frac{RC}{\log(e)} \log\left(\frac{U_C(t)}{U_{C,max}}\right)$

Wir normieren $U_{C,max} = 1$ (zB. $U_{C,max} = 1.0V$ Kondensator-Entlade-Anfangsspannung)

Für andere Werte ist die Kurve in "y-Richtung" entsprechend zu skalieren (= "zoomen")

Wegen der einfacheren Formel ($e^{-t/\tau}$) merken wir uns die ENTladung:



Dateinamen (file names) mit Blanks, Ümläüüütern und anderen *Landesförläüüü*en nicht-ASCII-Sonderzeichen sind *unprofessionell*.

3.12 Oszillator analog

Entscheide Dich für eines der folgenden Oszillatorkonzepte (zB. je nach Verfügbarkeit der Bauelemente und Messmittel).

Achtung: ★★★★★ XHs Steckbrettschaltung ist unverändert zu lassen!
★★★★★ Schon gar nicht ICs entfernen/umstecken oder
★★★★★ die Schaltungen mit Überspannung vernichten!
Achtung:

Bewertungsschema:

- ☐ notiere zum Abhaken die Stichworte dieser Liste
 - ☐ bestimme die geeignete Stromversorgung
 - ☐ erstelle die Liste erforderlicher Laborgeräte, Adapter und Kabel
 - ☐ zeichne einen Geräte-Aufstell-Plan
 - ☐ zeichne einen Messaufbau-Anschlussplan
 - ☐ erstelle ein Messprotokoll-Leerformular für eine Messwert-Reihe Deines Experiments (y-Werte für eine Auswahl an x-Werten, zB. $\hat{U}_a(V_{cc})$, $f_a(C_s)$, $\hat{U}_a(R_s)$ udgl.)
 - ☐ führe das Experiment aus und protokolliere die Messwerte
- erstelle ein x/y-Diagramm aus dem Messprotokoll,
- ☐ beschrifte die Diagrammachsen korrekt
 - ☐ trage Messpunkte ein, zeichne die *ausgleichende* Kurve und
 - ☐ ermittle die Messfehlergrenzen (zB. Gauss'sche Fehlerrechnung)

Ratschlag: Bau das am Steckbrett auf und *nicht mit 'Bananenkabeln'!*

Messaufgabe-1: Ermittle die Abhängigkeit der Sinusamplitude von der Betriebsspannung.

Messaufgabe-2: Ermittle die Abhängigkeit der Sinusamplitude vom Emitterwiderstand der CFO-Schaltung.

3.12.1 Oszillator mit XH

Machen wir nun etwas HF (Hochfrequenz, engl. RF - radio frequency). Die folgenden Oszillatoren sind für Frequenzen etwa im 1..10MHz Bereich gedacht. Da ist das Steckbrett an sich nur mehr eingeschränkt verwendbar - benachbarte Kontaktzeilen haben einige pF Kapazität untereinander. Wenn diese jedoch Teil eines Schwingkreis-C sind, stören sie nicht: Diskrete C-Bauteile wirken um die paar pF mehr und Spulen verringern sich im $\frac{1}{j\omega C}$ Ausmaß.

3.12.2 LC- und Xtal- Osc

Dear Readers and ReadInners!¹

Bitte besorge und studiere möglichst viele Oszillatorschaltungen (gutgemeinter 'tip')

So wirst viele finden, an denen man tagelang fummelt und feilt, aber sie wollen nicht wie Du; iXH nenne sie die Fuxkreise (das ist nicht zu verwechseln mit 'Fuchs-Kreis', den es als Anpassglied wirklich gibt und 1927 nach Prof. Josef Fuchs OE1JF benannt wurde).

Und Du wirst einige finden, mit denen man nicht blöd genug tun kann (sie haben keinen XH-Spitznamen, da ich mit denen keine Frustzeiten mit Sprücheklopfen zu überbrücken habe - da geht's immer sofort weiter), meine Lieblinge habi hier angführt (mein wirklicher, heimlicher Liebling ist der '*lambda oscillator*', der eignet sich zudem hervorragend als GSG (Gunther-sekkier-Gerät), fehlt aber hier, is zu exotisch)

iXH mag Oszillatoren mit wenig Bauteilen und trotzdem guten Eigenschaften:

⊗ frequenz- stabil

¹iXH hoffe, die Lächerlichkeit dieser Nichtsprachkonstrukte ist erkennbar

Vor allem langsam frequenzwacklige Signale (zB. Temperaturdrift, Spannungsdrift) lassen sich kaum bereinigen, sodass dieser Aspekt das Hauptaugenmerk verdient.

⊗ wenig Temperaturkoeffizient

Temperaturänderungen mögen sich minimal auf die Resonanzfrequenz auswirken.

'Kimble' VFO ist ein Spitzname für Frequenzwanderung — 'immer auf der Flucht', der TV-Serie 'Dr. Kimble' entlehnt.

⊗ viel PSRR (power supply rejection ratio)

Schwankende Betriebsspannung soll die Resonanzfrequenz minimal verstimmen

⊗ Harmonische Oberwellen sind eher wurscht, die kann man ausfiltern.

Oberwellen sind iA kein Problem — oft speist ein Oszillator (VFO) einen Frequenzmischer im Schaltbetrieb (zB Diodenringmischer, DBM, MosFET-Analogschalter), sog. *Schaltmischer*

⊗ wenig Phasenrauschen

Stochastische Signal- Verzerrungen, die einer FM-Modulation mit Rauschen gleichkommen, wird besonders von Halbleiter- Bauteilen erzeugt (C-Dioden, Cbe-, Cgs-, Cak Kapazitäten), jedoch auch Magnetkerne und dielektrische Werkstoffe mit Nichtlinearitäten und Sättigungseffekten. Die saubersten Signale sind direkt am *heissen Ende* von Schwingquarzen entnehmbar.

⊗ wenig Mikrofonie

mechanische Schwingungen von Gehäuse und Unterlage (zB. Tisch) beaufschlagt besonders Luftspulen mit Kapazität, was Oszillatoren verstimmt, sodass FM-Modulation entsteht.

⊗ wenig Handkapazitäts-Empfang

Eine Annäherung von Personal ('Hand') beaufschlagt besonders Luftspulen mit Kapazität, was Oszillatoren natürlich verstimmt.

⊗ VFO = variable frequency oscillator, ein durchstimmbarer Osc mit Drehkondensator (polyvaricon), Kapazitätsdiode (varicap diode), Variometer (variable inductor)

⊗ Varicap = 'variable capacitor': Drehkondensator, Kapazitätsdiode

⊗ als Kapazitätsdiode (varicap diode, BB112, BB512 usw.) kannst auch a simple sonstige Diode (DUS = Diode Universal Silicium) verwenden — eher mit großer Sperrkapazität wie 1N4001, 1N4004 oder LED (rauschen mehr). Richtige Varicap Dioden sind nur besonder linear in der C/U- Kennlinie, sonst nix.

Diodenabgestimmte LC-Kreise bringen aufgrund der ja mit der Signal-Spannung variierenden Kapazität (die Frequenz ändert sich zyklisch während einer einzigen Signalperiode) ein größeres Problem mit dem sog. 'Phasenrauschen'. An der Cap.Diode sollte das HF-Signal daher klein sein, was man zB. mit kapazitiven Spannungsteilern erreicht.

⊗ XO = 'crystal oscillator' Quarzoszillator

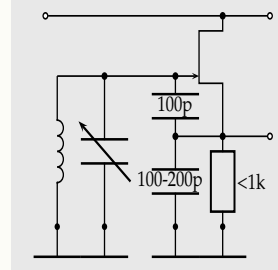
Xtal = 'crystal' = Quarz (quartz)

⊗ die 'saubersten' Oszillatoren erzielt man mit XOs und Signalauskopplung direkt über dem Xtal (Schwingquarz) (weil er das Signal dort selbst filtert)

Vom HF- Kurzwellenfunkamateure werden sie für 'eine Handvoll Megahertz' (3.5, 7, 10 MHz udgl.) mit LC oder Xtal auf **Steckbrett, Streifenrasterplatten** oder der **'dead bug' / 'dirty construction method'** aufgebaut (das Steckbrett hat zwischen benachbarten Lochreihen ganz deftige, sog. 'parasitäre' (weil unerwünschte) Kapazitäten, die ab ca. 1MHz mitunter desaströs wirken). Am besten geht es (mit Amateurmitteln) auf durchgehend kupferbeschichteten Grundplatten als Massefläche und aufgeklebten Lötinsel-Platinchen ('pads') als Netzknoten (zB. AM-Sender Referat von OE7JHI in KSN5 bei DS)

LC Colpitts Drainschaltung

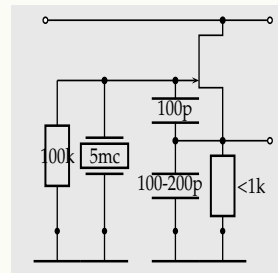
Der Colpitts-OSC in Drain-Schaltung wird in HF- VFOs und XOs unterhalb 20MHz bevorzugt verwendet — er ist einfach und frequenzstabil.



Im 'Böhmer' findi nur Emitter- und Basis-schaltung. Verbreitet aber ist die jFET Drain-schaltung. Sie erspart Strombegrenzung:

$I_D = I_{DSS}$ und Arbeitspunkteinstellung:
 $V_{GS} = -U_{RS}$ (via L).

Xtal Colpitts Drainschaltung

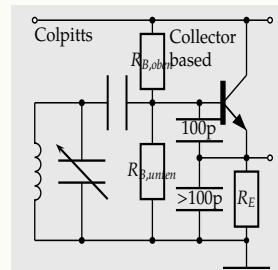


Da der Xtal Gleichstrom sperrt, braucht R_{GS} für den Arbeitspunkt:

$V_{GS} = -U_{RS}$
(wie Konstantstrom-schaltung:

$$R_S = \frac{U_P}{I_D} (1 - \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}})$$

Der stinknormale Colpitts



BJT brauchen Basisvorspannung für die Arbeitspunkteinstellung, das rechnet sich gem. Emittergrund-schaltung

Dieser DC- Offset ist per Koppel- Cap abzutrennen, was

wiederum Resonanz und Schleifenverstärkung beeinflusst.

Eben mehr Bauteile und Probleme als mit jFET.

$$U_E = I_C * R_E,$$

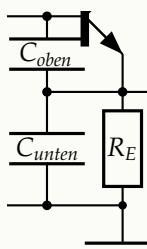
$$U_B = U_E + 0.62V,$$

$$\frac{R_{B,unten}}{R_{B,oben} + R_{B,unten}} = \frac{U_B}{V_{CC}},$$

$$Querstrom = 10 * I_B$$

... usw.

Dimensionierung:



Der Oszillator lebt von der **Spannungsüberhöhung** des Parallelschwingkreises. C_{oben} bildet mit C_{untren} einen kapazitiven Spannungsteiler, sodass

$$\frac{\hat{U}_{oben}}{\hat{U}_{untren}} = \frac{Z_{oben} + Z_{untren}}{Z_{untren}}$$

mit

$$\hat{U}_{oben} + \hat{U}_{untren} = \hat{U}_B \text{ und } \hat{U}_{untren} = \hat{U}_E.$$

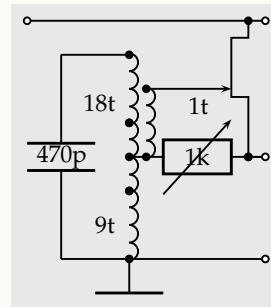
$\hat{U}_{oben}$ wird von der B-E Diode gekappt (begrenzt), womit wir abschätzen können:

$$\hat{U}_{oben} \approx 600mV$$

$Z_{Ausgang}$ besteht aus:

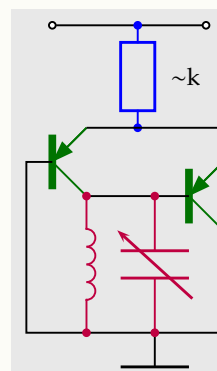
- $Z_B(\text{Impedanz an der Basis})$
 $s(= I_C / U_T)$
- $1 / j\omega C_{oben}$ (=parallel zu r_{BE} bzw. r_E)
- $1 / j\omega C_{untren}$
- R_E
- Z_{Load} Lastimpedanz

Man solle $\hat{U}_{BE}$ nicht mit der B-E (bzw. G-S) Diode begrenzen, weil das starke Temperaturdrift einbringe.



L1, L2 und L3 bitte auf dem gleichen Kern; dieses Experiment zeigt lediglich, dass auch einer Fertigschule eine Koppelwicklung aufgebracht werden kann (Meißner-Oszillator).

Cathode Follower Oscillator CFO, Differenzverstärker-Oszillator, Peltz Oscillator



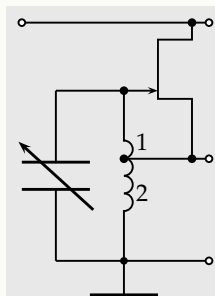
Der CFO ist eine weniger bekannte, vorteilhafte Schaltung mit wenig Bauteilen (2 BJT/FET + 1L + 1C + 1R) und geringer Betriebsspannung (ab $\approx 0.7V_{dc}$); bei Verwendung von PNP bzw. pFET liegt angenehmerweise zudem der LC-Kreis einseitig an Masse, was die meisten Drehkondensator-konstruktionen erzwingen.

Dimensionierungshinweis: C-B Dioden kappen $\hat{u}_{LC}$. Je $U_{CE}(T1) \rightarrow$ mehr $U_{BE}(T2) \rightarrow$ mehr $I_E(T2)$ weniger $U_{BE}(T1) \rightarrow$ weniger $I_C(T1)$, kurz:

Je $U_{CE}(T1)$ desto weniger $I_C(T1)$.

$$T1: U_{CE} \propto \frac{1}{I_C} \rightarrow \text{negative differential Resistance } r_i !$$

ECO Electron Coupled Oscillator



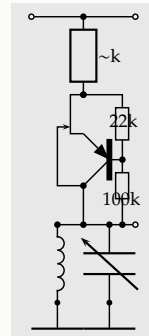
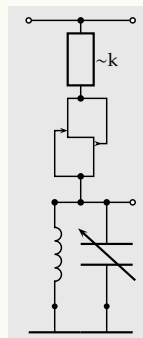
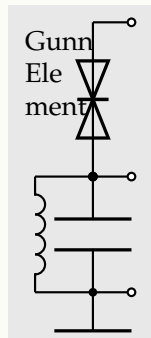
Die ECO Schaltung ist [...] eine Variante der Hartley-Schaltung. Der Schwingkreis mit L1, L2 und C1 ist zwischen Gate und Source angeschlossen. Der FET Q1 in Drain-Schaltung hat Phasendrehung $\equiv 0^\circ$ und Spannungsverstärkung $v_s < 1$.

Die beiden Induktivitäten L1 und L2 arbeiten als Aufwärts-Spartransformator. Die Verstärkung wird durch das Verhältnis $(L1 + L2) / L2$ der Induktivitäten bestimmt. Für die Aufrechterhaltung der Schwingung ist eine Verstärkung von mindestens 1 nötig. Für ein oberwellenarmes Ausgangssignal sollte die Verstärkung nur so groß sein, dass der Oszillator sicher anschwingt. [...] (aus wikipedia Elektronengekoppelter Oszillator Quelle: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=70019391>, 19Jul.2010)

Lambda Oscillator

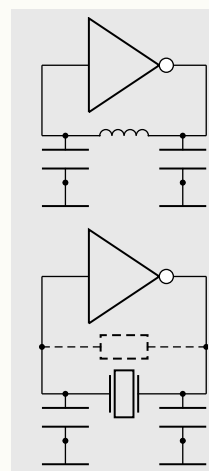
Die *Lambda-Oszillatoren* sind ungewohnte, der GHz-Technik entnommene Schaltungen, die ab ca. 1960 mit Gunn-, Esaki- und IMPATT-Dioden *negativ differentielle Kennlinien* (= Strom I_A fällt trotz steigender Spannung U_{AK} , was *negativen Widerstand* wie bei Strom- und Spannungsquellen bedeutet) zur Schwingkreis-Entdämpfung durch simple Reihenschaltung ermöglichen.

Später entwickelte der vielzitierte *Nomen Nescimus* Ersatzschaltungen mit ähnlichen Kennlinienverläufen aus der Kombination eines N-Kanal jFET und eines p-Kanal jFET für dieselben Oszillatorkonzepte bei niedrigeren Frequenzen Idealerweise braucht man auch hier nur wenig Bauteile.



Aufgrund schlechterer Verfügbarkeit und Bandbreite der seltenen p-Kanal jFET (zB 1N3820) ersetzte man diesen durch PNP-BJT. Das verkleinert den Spannungsbereich mit fallender Kennlinie, aber sie wird dort auch steiler. Insgesamt arbeitet das dem CFO sehr ähnlich

Pierce Oscillator



Mit den zwei Cap's ('Bürde-Kapazität' (DC9XP), ~30pF) bildet die Schaltung ein die Phase 180° schiebendes π -Filter.

Ein Xtal fungiert als Induktivität hoher Güte und schwingt unterhalb seiner Resonanz.

Mit Serien-C kann die Frequenz (wieder) erhöht werden.

Mit einem Gegenkoppel- R erlauben ungepufferte Logikgatter (CMOS:'A') Linearbetrieb bei Sinusschwingung;

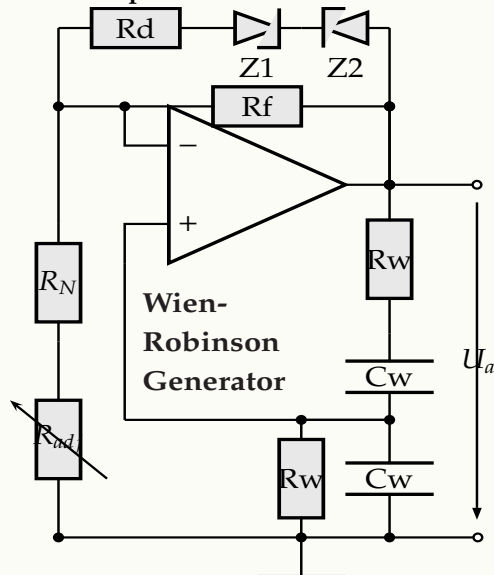
gepufferte erzwingen Rechtecksignale.

3.12.3 Wien- Robinson- NF Oszillator

Abseits digitaler Signalgeneratoren (DDS-Prinzip, wie PC- Soundkarten) ist der Wien-Robinson Oszillator eine beliebte, verbreite und einfache NF Sinus- Oszillatorschaltung mit OPs. Vorteile sind:

- der einfache Aufbau mit OP Verstärkern
 - geringer Bauteilbedarf
 - einfache Berechnung
- und nachteilig:
- zusätzlich erforderliche Amplitudenstabilisierung
 - wenig Frequenzkonstanz
 - fehlende HF- Eignung aufgrund OP- Bandbreiten

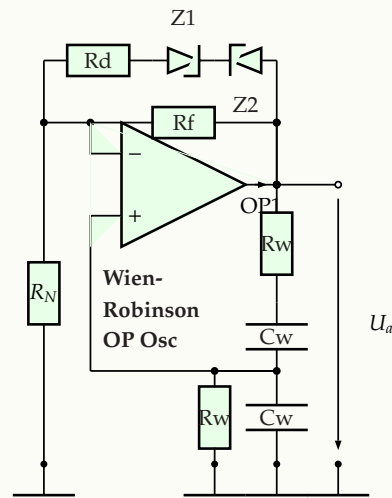
YHs Schaltplan



Aufgabenstellung (YH):

- Berechnung und Simulation einer Wien-Brücke (Frequenz wird vorgegeben)
- Berechnung und Simulation der kompletten Oszillatorschaltung incl. Amplitudenbegrenzung
- Technische Erklärung der kompletten Schaltung
- Recherche: Welche Möglichkeiten zur Amplitudenbegrenzung haben wir noch?
- Aufbau und Inbetriebnahme am Steckbrett

Wien-Robinson-Oszillator, diodenstabilisiert



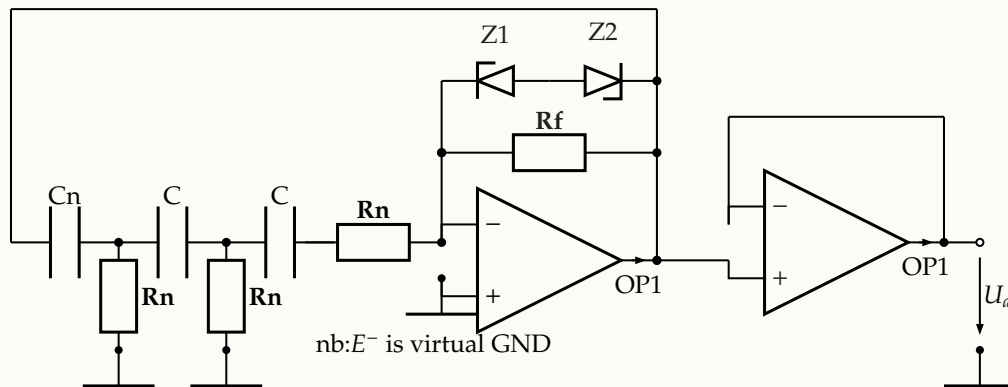
- Immer, wenn U_a die Zenerspannung (Z1 oder -Z2) erreicht, wird die Gegenkopplung (durch Parallelschaltung von R_d) erhöht.
- Das verzerrt jede Kuppe der Sinuskurve. R_f/R_n sollte folglich nahe 3:1 sein (knapp drüber)
- und R_d relativ groß (sodass $(R_f || R_d)/R_n$ knapp unter 3:1 ist)

Diese Stabilisierung verzerrt jede einzelne Schwingung etwas, indem sie ab einer gewissen Ausgangsspannung $U_{a,z}$ die Rückkopplung (feedback) vergrößert (also auch die Schleifenverstärkung loop gain). Das Signal wird folglich aus zwei Ausschnitten verschiedener Grundsignale zusammengesetzt:

- der Fuß von einer zu großen Verstärkung - das wäre ein Trapez-Signal (Rechteck mit schrägen Flanken) und
- dem Hut eines Sinus von einer zu kleinen Verstärkung (deren Signal langsam *sterben* würde).

Das mit dem langsamen FET-Abschwächer im Feedback (s.u.) arbeitet hingegen viel *sauberer*.

3.12.4 Phasenschieber-Oszillator



- system gain ≥ 29
- diese Amplitudenstabilisierung ist wie beim Wien-Osc:
- die da verzerrt jede einzelne Sinus-Schwingung ganz schauderhaft (die Zenerdioden brauchen an Serienwiderstand - Du bist die Ingenieur-Fachkraft!)

3.13 Oszillator digital

Bewertungsschema:

- ☐ zeichne einen **1) Messaufbau-Anschlussplan**
- ☐ führe das Experiment aus und **2) protokolliere die Messwerte**
- ☐ erstelle ein **3) x/y-Diagramm** aus dem Messprotokoll,
 - ☐ beschrifte die Diagrammachsen korrekt
 - ☐ trage Messpunkte ein, zeichne die *ausgleichende* Kurve
 - ☐ ermittle die **4) Messfehlergrenzen** (zB. Gauß'sche Fehlerrechnung)

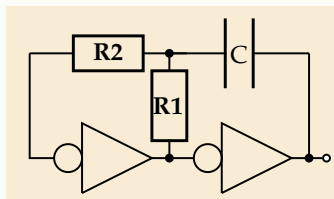
Achtung:

- ★★★★ XHs Steckbrettschaltung ist unverändert zu lassen!
- ★★★★ Schon gar nicht ICs entfernen/umstecken oder
- ★★★★ die Schaltungen mit Überspannung vernichten!

Achtung:

Messaufgabe-1: Ermittle die Abhängigkeit der Rechteckanstiegszeit vom Kondensator C.

3.13.1 Digital-Oszillator (Taktgeber) mit Gatterschaltungen mit 2 Stk Inverter



Oszillatorfrequenz:
R2 im Labor egal
@400Hz..400kHz

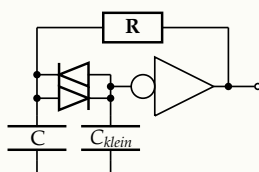
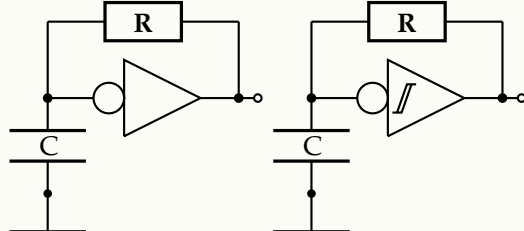
$$f \approx \frac{1}{3R_1C_1}$$

RC-Oszillatoren mit Gatterschaltungen wie

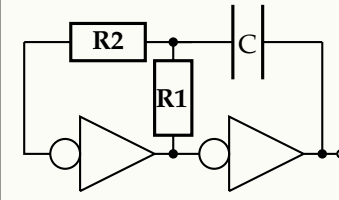
- NOT Gatter (Inverter)
- NAND / NOR Gatter
- Schmitt-Trigger
- Flipflops

werden in digitalen Logikschaltungen als *Clock*generatoren und *Timer* verwendet, da sie besser kompatibel und *integrierbar* sind als lineare, analoge HF-LC-Oszillatoren, deren Signal man zudem noch in Logikpegel umsetzen müsste.

mit 1 Stk Inverter



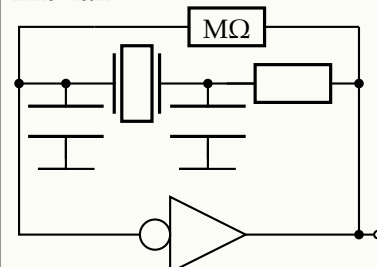
mit 2 Stk Inverter



Oszillatorfrequenz:
74HC : $10R_1 > R_2 > 2R_1$
@400Hz..400kHz

$$f \approx \frac{1}{3R_1C_1}$$

mit Xtal





Teil I

Auswertung

4 Oszilloskop-EigenAnstiegsZeit

$$t_{an}^2 = t_{skop}^2 + t_{sig}^2$$

$$t_{skop}[ns] * B_{skop}[MHz] = 0.35$$

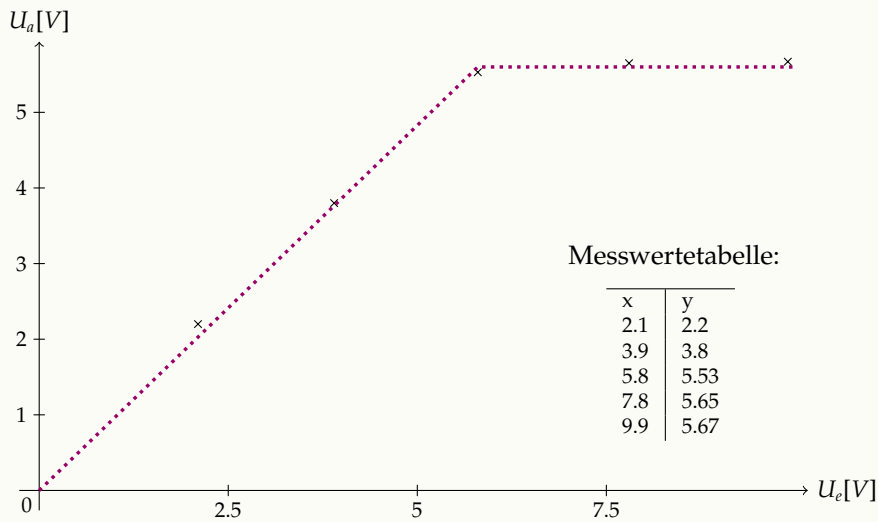
t_{an} gemessene Anstiegszeit

t_{skop} EigenanstiegsZeit Oszilloskop

t_{sig} wahre Anstiegszeit des Signals

B_{skop} ... 3dB-Eingangs-Bandbreite des Oszilloskops

5 xy-DG 'datavisualization'



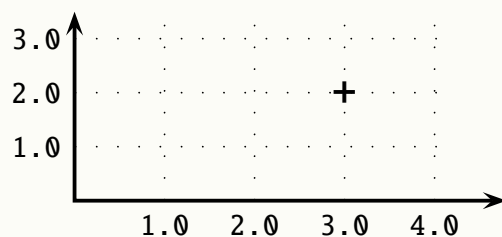
```
\providecommand\xvalA{2.1} \providecommand\yvalA{2.2}
\providecommand\xvalB{3.9} \providecommand\yvalB{3.8}
\providecommand\xvalC{5.8} \providecommand\yvalC{5.53}
\providecommand\xvalD{7.8} \providecommand\yvalD{5.65}
\providecommand\xvalE{9.9} \providecommand\yvalE{5.67}
%
\usetikzlibrary{datavisualization}
\tikz{
  \datavisualization[school book axes={standard labels},
    visualize as scatter,
    x axis={label=$U_e[V]$, ticks=few},
    y axis={label=$U_a[V]$, ticks=some}
    %,clean ticks
  ]
  data{
    x, y
    \xvalA, \yvalA
    \xvalB, \yvalB
    \xvalC, \yvalC
    \xvalD, \yvalD
    \xvalE, \yvalE
  };
  \draw[line width=1.3pt,dotted,violet!60!purple]
    (0,0) ---+(5.8,5.6) ---+(4.2,0);
  \draw (7,3)node[ ]{%
    \xpictput{0}{0}{\xhtmlbox{Messwertetabelle:
      \\\[2mm]\dx5{\smaller[1]\begin{tabular}{l|l}
        \hline
        x & y \\
        \xvalA & \yvalA \\
        \xvalB & \yvalB \\
        \xvalC & \yvalC \\
        \xvalD & \yvalD \\
        \xvalE & \yvalE \\
        \end{tabular}
      }}}
  };
}
```

Teil II

Gauß'sche Fehlerfortpflanzung (Fehlerrechnung)

Gegeben:

Ein Messwert ($x=3.0[V]$, $y=2.0[mA]$)
mit mehreren Einflussfaktoren, hier 2:
x-Wert und y-Wert



Gauß'sche Fehlerrechnung a)

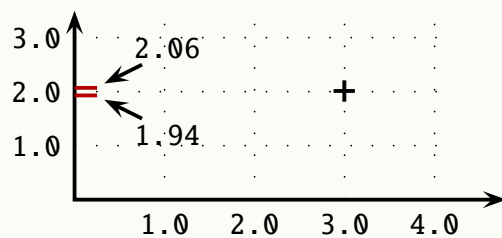
Der y-Wert '2.0' wurde am Oszi abgelesen, dessen Anzeige einen NORMALVERTEILTEN ANZEIGEFehler von 3% habe, d.h.

Anzeigewert = Mittelwert $\bar{y}$

Standardabweichung $\sigma_y = \bar{y} \cdot 0.03$

Dadurch erhalten wir die Intervallgrenzen

$y \in [0.97\bar{y}, 1.03\bar{y}]$ zu
[1.94, 2.06]



Gauß'sche Fehlerrechnung b)

Die Abweichung ist im Maßstab hier sichtlich eher gering.

ABER:

Wo haben wir den x-Wert her? Den hat man ja auch **abgelesen**, sicher, und zwar beim Einstellen!

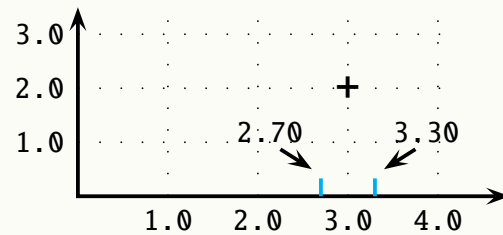
Der x-Wert '3.0' wurde **am NG eingestellt**, dessen Anzeige einen NORMALVERTEILTEN ANZEIGEFehler von 10% habe, d.h.

Anzeigewert = Mittelwert $\bar{x}$

Standardabweichung $\sigma_x = \bar{x} \cdot 0.10$

Dadurch erhalten wir die Intervallgrenzen

[$0.9\bar{x}$, $1.1\bar{x}$] zu [2.70, 3.30]



Gauß'sche Fehlerrechnung c)

[2,70 bis 3,30] – des is *happig*!

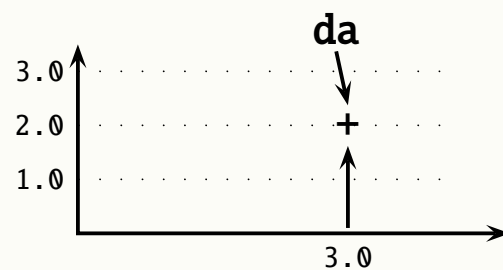
Ja, und, is des **wurscht**, wenn man **falsches x** verwendet == den Messpunkt woanders hinzeichnet?

Wohl nit, oder?

Die Frage ist

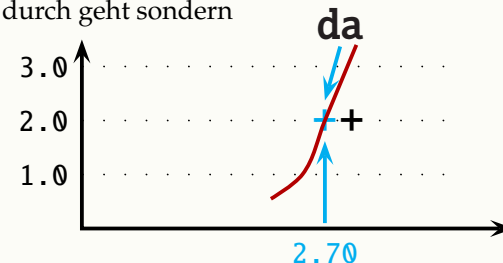
→ was ändert sich am Y, wenn man X ändert?

Wenn die Kurve in "Wirklichkeit" nit



Gauß'sche Fehlerrechnung c.1)

durch geht sondern



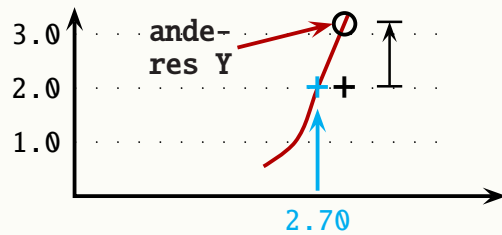
Gauß'sche Fehlerrechnung c.2)

Wenn die Kurve bei

$x=2.70$ statt $x=3.00$

durchgeht,

→ dann hat sie bei $x=3.00$



Gauß'sche Fehlerrechnung c.3)

→ Änderung von Y bei Änderung von X

kennsch des?

$$\frac{\partial Y}{\partial X} \dots \text{Steigung}$$

→ die **Steigung** der Diagrammkurve an der Stelle X wirkt wie eine **Verstärkung des x-Fehlers!**

Logo?

Wenn Y **stark** von X abhängt, wirkt sich X stark aus.

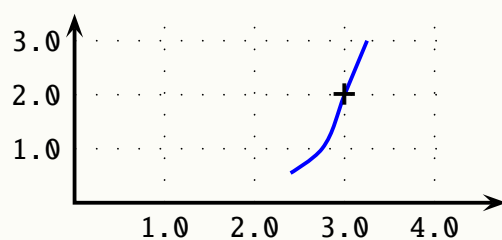
Und wenn X-Änderungen im Y **wenig** bewirken, wirken sich auch Abweichungen kaum aus.

Die $\frac{\partial Y}{\partial X}$ Steigung = **Fehlerverstärkung'**

Wer 'x' fälscht, fälscht auch 'y':

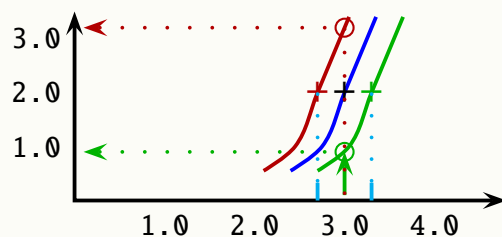
$$\begin{aligned} \text{Fehler}_Y(x) &= x * \text{Fehlerverstärkung}_y(x) \\ &= x * \frac{\partial y}{\partial x} \end{aligned}$$

Betrachten wir nun den Messpunkt 'x' auf einem Stück Diagrammkurve:



Gauß'sche Fehlerrechnung d)

Wenn unser *wahres* 'x' wegen Messfehlers entsprechend kleiner bzw. grösser wäre



Gauß'sche Fehlerrechnung e)

so ergäben sich andere Kurven (auf der x-Achse verschoben), mit anderem y an der gemessenen

$x=3.0$ Stelle.

Wegen der großen Fehlerverstärkung hat sich die Abweichung ansehnlich verschärft! Bei steilen Kurven wirkt sich ein wenig x-Abweichung schon stark aus.

Hätten wir zB.:

x-Messfehler:	$10\% \equiv 0.10$
	bei $x = 3.0$ [V]
	sind das ± 0.3 [V]
Steigung s:	5.0 [mA/V]
dann wäre der	
y-Fehler:	$5.0 \left[\frac{\text{mA}}{\text{V}} \right] * 0.3 [\text{V}]$
	$= \pm 1.5$ [mA]

Gut.

Die Messunsicherheit beim Y-Wert kommt jetzt aber **noch dazu!**

Wer jetzt

10% (beim X) + 3% (beim Y) $\Rightarrow 13\%$ rechnet, hat sich **geschnitten**:

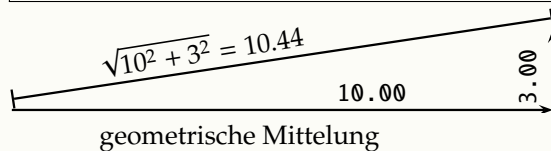
1. mit Absolutwerten rechnen, nicht %

2. geometrisch mitteln!

Standardabweichungen zweier Normalverteilungen (x-Wert und y-Wert) einfach addieren stimmt nicht: Dass beide Messwerte zugleich extrem zu niedrig (bzw. zu hoch) sind, ist unwahrscheinlicher, als nur ein Einzelwert (wie bei Würfeln: $\text{Wahrscheinlichkeit}(\text{Einfach-6}) = \frac{1}{6}$; $\text{Wahrscheinlichkeit}(\text{Doppel-6}) = \frac{1}{36}$). Je mehr Messungen man macht, desto eher gleichen sich die Abweichungen untereinander aus – mal zuviel, mal zuwenig (sonst gäbs ja keinen Mittelwert). Der Gesamtfehler muss kleiner als 13% sein!

normalverteilte Abweichungen addieren sich
wie eine Rechteck-Diagonale

geometrisch ($\sqrt{x^2 + y^2}$)



So muss mans auch mit den Abweichungen machen:

$$\Delta_{Ges} = \sqrt{(s \cdot \Delta_X)^2 + \Delta_Y^2}$$

$\Delta \dots$ Mess-Unsicherheit, -Abweichung, -Fehler
(Standardabweichung)

s ... Kurven-Steigung, $s = \frac{\partial y}{\partial x}(x)$ im Punkt (x,y)

Beim Messpunkt (3.0,2.0), $s = \frac{\partial y}{\partial x}(x) = 5.0$ und den relativen Genauigkeiten $x:10\%$, $y:3\%$ sind das:

$$\sqrt{(5.0 * 3.0 * 0.10)^2 + (2.0 * 0.03)^2} =$$

$$\sqrt{(1.5)^2 + (0.06)^2} =$$

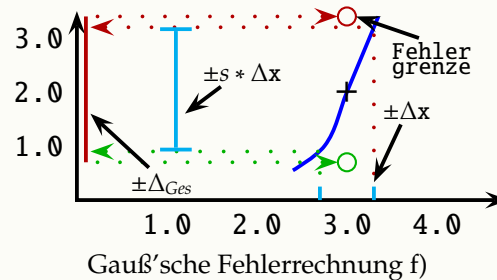
$$\sqrt{2.25 + 0.0036} =$$

$$\sqrt{2.2536} \approx \pm 1.501$$

in Prozent rückgerechnet:

$$100 \cdot \frac{1.501}{y = 2.0} = 75\%$$

die Messunsicherheit wird von der Ungenauigkeit der X-Wert-Messung beherrscht.



Teil III

zur Beurteilung von Labor-Abgaben

7.1 Dokumente e. Labormessaufgabe

- Deckblatt:
 - Autor, Klasse
 - Aufgabe, Abgabedatum, Deadline: Datum
 - Zeitpunkt des Experiments
 - Prüferperson
- Sicherheitsrichtlinien
- Vorbereitung:
 - Messmittel, Anordnung u. Einstellungen
 - Messaufbau (Bauteile, Kabel, Schaltung, Verdrahtung)
 - Messprotokoll-Leerformular mit Einstellwerten
 - schriftweise Arbeitsanleitung (Protokoll-Formular)
- Experiment:
 - Arbeitsprotokoll
 - Messprotokoll
- Auswertung:
 - Diagramme
 - Fehlerberechnung
 - Anmerkungen, Schlussfolgerungen, Buglist, To-Do's

7.2 Projektplanungs-Dokumente

- Deckblatt:
 - Autor, Klasse
 - Aufgabe, Abgabedatum, Deadline: Datum
 - Prüferperson
- Aufgabenstellung
- Problemanalyse:
 - Methodenplan
 - mögl. Missverständnisse i.d. Aufgabenstellung
 - Ergänzungen zur Aufgabenstellung
 - Lösungswege
 - Nutzwertanalysen
 - Entscheidung
- Testplan
- Grobdesign
- Aufwandsberechnung
- Kostenkalkulation
- techn. Detailplanung
- Realisierung
- End Test

7.3 ges. Bestimmungen

(s. 'obelix' <http://10.10.63.61> "1 2 3 4 5 6 6.1")

Da es sich insgesamt um 'Mitarbeit' handelt

"Hausübungen sind jedoch in die Mitarbeit einzubeziehen (LB-VO § 4 Abs. 1 lit. b 1.3.2.)",

gilt

"Feststellung der Mitarbeit[...] (LBVO §4) [...] Einzelne Leistungen sind nicht gesondert zu benoten. Es ist eine Gesamtbeurteilung der Mitarbeit auf Grund der darüber vorgenommenen Aufzeichnungen am Ende des Semesters beziehungsweise der Schulstufe vorzunehmen."

und

"Über die Leistungsfeststellungen auf Grund der Mitarbeit [...] hinaus dürfen nur so viele Leistungsfeststellungen vorgesehen werden, wie für eine sichere Leistungsbeurteilung [...] unbedingt notwendig sind"

"Grundsätzlich dürfen mündliche Leistungsfeststellungen, also auch mündliche Übungen, nur dann durchgeführt werden, wenn die Feststellung der Mitarbeit im Unterricht und allenfalls im Lehrplan vorgeschriebene Schularbeiten für eine sichere Leistungsbeurteilung nicht ausreichen (LB-VO § 3 Abs.4 1.3.1.)."

"Schriftliche Überprüfungen dürfen nur durchgeführt werden, wenn die Mitarbeit und allenfalls vorgeschriebene Schularbeiten für eine sichere Leistungsbeurteilung nicht ausreichen (Abs. 13 und LB-VO § 3 Abs.4 1.3.1.)."

Laborabgaben Noten geben wäre sogar falsch. Andererseits müssen Lehrende jederzeit einen aktuellen Notenstand bekanntgeben können (was obigem "am Ende des Semesters" ja widerspricht), dh. keine Noten zu bilden ist genauso falsch.

→ Rechtmachen geht nicht.

Kurzfassung:
Man kann in der Ausbildung nichts
kontraproduktiveres
tun, als Singen und Summen
im und um den Unterricht zu
unterbinden, weil
das die **Hirnentwicklung blockiert**

8 Musik und Gehirnentwicklung

- ⊕ Musik führt zu **Gehirnwachstum**
- ⊕ in Musikerhirnen ist **mehr graue Substanz** vorhanden
- ⊕ Musizieren trainiert höchste Konzentration: Hören, Sehen und Bewegung finden gleichzeitig statt, wodurch **neue Nervenverbindungen** geschaffen werden
- ⊕ **Singen ist das intensivste Hirntraining** überhaupt
- ⊕ Singen trainiert das **2-te Sprachzentrum** (Broca-Areal) zusätzlich zum Wernicke-Zentrum
- ⊕ absichtsloses, unbekümmertes Singen und Summen hat den größten Nutzeffekt für die **Entwicklung von Kindergehirnen**
- ⊕ Musik verbessert **Durchblutung, Immunsystem und Schmerzempfinden!**
- ⊕ Bereits ab der 22. Schwangerschaftswoche ist die Hörschnecke bei Ungeborenen vollständig ausgebildet, sodass schon Ungeborene Musikstücke wiedererkennen und darauf reagieren
- ⊕ in Musikerhirnen ist die Verbindung zwischen rechter und linker Gehirnhälfte, das sogenannte Corpus callosum, deutlich kräftiger ausgebildet. Die **Gehirnhälften arbeiten stärker zusammen**

Dieses sollte ein Beitrag zum Thema *Musik und Gehirn* werden, scheint nun aber auszufern. Anekdote: Vor gut einem Vierteljahrhundert hatte iXH mal auf einer Almhütte eine Busreisegruppe mit so kulturlosem Kommerzschmarren, den unsere südschwedischen Nachbarn ahnungsloserweise *Tirolerlieder* nennen, zu unterhalten. Ziemlich bald fiel ein Pensionist auf, der von all diesem Gejammer alle Strophen mit fehlerfreiem Text vorbrüllte. In a Pause hunami zu dene gsetzt, aber de Olle hat nix mit mir gredet! Schon fiel mir seine 'sie ins Wort und meinte, Ihr Gemahl könne seit einem Schlaganfall nimma sprechen. iXH denk mir *was redet die Tante, der sing ja wie Zeisig* – se muass meine Gedanken diagnostiziert haben, denn glei hatse gemeint *das Sprechzentrum hat man ja doppelt!* Verstanden hat mi der Olle, aber gredet hat nur Oma. Gsungen hat dann wieder nur Opa. Ob der mit mir reden konnte, wenn er es xungen hätt, oder nur was auswendiglerntes aussa bring, weiss nit.

Ez schreibi scho tagelang da dran umma und kimm nu schleppend weiter. Ins Hirn geschissen haz mir des Thema, weil des *Resistor-Keyboad* aus der *Krawallgarage* wieder auftaucht is und ez bei der 4cHEL ganz hinten aufan Tisch steaht (liegt)

Quellen:

Max-Planck-Institute für empirische Ästhetik in Frankfurt am Main (MPI EA) und für Kognitions- und Neurowissenschaften in Leipzig (MPI CBS)

Prof. Dr. Gerald Hüther, Leiter der Zentralstelle für Neurobiologische Präventionsforschung der Universität Göttingen und Mannheim/Heidelberg

Prof. Dr. Eckart Altenmüller, Professor für Musikphysiologie und Musikermmedizin an der Hochschule für Musik, Theater und Medien Hannover

Bernd u. Daniela Willimek, Hochschule für Musik Karlsruhe u. Universität Rostok

Vinoo Alluri, Studienleiter Universität Jyväskylä, Finnland

Gottfried Schlaug, Harvard Medical School, Boston

Josep Marco-Pallarés Universität Barcelona

Psychologin Frances Rauscher, University of Wisconsin Oshkosh

Physiker und Neurobiologe Gordon Shaw, University of California

Psychologen George Caldwell und Leigh Riby, Glasgow Caledonian University

Musikpsychologe Stefan Koelsch, Freie Universität Berlin

Isabell Peretz, Université de Montréal, Kanada

Jaak Panksepp, Emeritus Bowling Green State University, Ohio

Julia Grieser-Painter, Oregon Health & Science University

- Bildgebende Verfahren geben Einblicke, was im Gehirn beim Musikhören/machen vor sich geht. Die Bilder lassen erahnen, wie viele Hirnareale beim Musizieren beteiligt sind.
- Musik in der Schule - macht Musik schlau?
Eine der aktuellsten Studien veröffentlichte der Neurowissenschaftler Sam Norman-Haignere gemeinsam mit seinen Kollegen des Massachusetts Institute of Technology im Fachmagazin "Cell Biology". Das Team konnte nachweisen, dass es in unserem Hörkortex Nervenzellen gibt, die einzig und allein auf Gesang spezialisiert sind. Sie reagieren weder auf gesprochene Sprache noch auf Instrumentalmusik. Das hingegen leisten Neuronen in un-

mittelbarer Nachbarschaft. Dieser Arbeitsteilung kamen die Forschenden erst auf die Spur, als sie feiner auflösende Untersuchungsverfahren anwenden konnten. Denn mit einer herkömmlichen Magnetresonanztomografie (MRT) konnten sie zwar sehen, dass die Areale der Hörrinde arbeiten, dass die dicht beieinanderliegenden Zellgruppen aktiv sind, jedoch nicht genau, welche bei welcher Art von Reiz. Ähnlich wie Bildende Kunst oder Sport wird immer wieder der Nutzen des Musikunterrichts in der Schule angezweifelt – jedoch völlig zu Unrecht. Denn der Musikunterricht leistet einen großen Beitrag in der sozialen Entwicklung von Kindern. Die sog. Bastian Studie

bestätigt, dass sich die Sozialkompetenz der Schüler durch das gemeinsame Musizieren merklich steigern ließ. Die Langzeitstudie, die an mehreren Berliner Grundschulen durchgeführt und im Jahr 2000 veröffentlicht wurde, stellte außerdem weitere positive Effekte fest:

- Ausgrenzung von Schülern nahm merklich ab
- Ablehnung durch Mitschüler reduzierte sich drastisch
- Generell ruhigeres und aggressionsfreieres Klima

Zurückzuführen ist dies unter anderem darauf, dass beim gemeinsamen Musizieren viel genauer aufeinander gehört und eingegangen werden muss. Eine verbesserte Wahrnehmung des Stimmklangs führt z.B. auch dazu, dass die Kinder die Stimmung ihrer Mitschüler schneller erfassen und darauf reagieren konnten. Auch die Ausschüttung von Oxytocin während des gemeinsamen Musizierens, dem Bindungshormon, fördert den Zusammenhalt der Schüler und sorgt für ein besseres Klima innerhalb der Klasse. Zudem hat das Musizieren einen direkten Einfluss auf die Motivation und die Konzentration der Kinder, da durch den schönen Klang sofort ein belohnendes Ergebnis entsteht. So kommt es auch zu einer vermehrten Ausschüttung von Dopamin, dem Belohnungshormon. Die Kinder sind glücklicher und motivierter.

• Mythos Mozart-Effekt

Immer wieder wird behauptet, dass Musik klug macht. In den 90er-Jahren sorgte eine Studie für Aufsehen, die den sogenannten Mozart-Effekt postulierte: Das Hören von Mozart-Musik führte gemäss der Studie zu einem besseren Resultat im Intelligenztest. Heute geht man allerdings davon aus, dass die Verbesserung nicht direkt mit den Klängen Mozarts zu tun hatte, sondern durch den Konzentration und Wohlbefinden steigenden Präsenz-Effekt ausgelöst wurde, der auch bei anderen Musikgenres eintritt, sofern es sich um einen bevorzugten Musikstil der betreffenden Person handelt. Musik macht also nicht generell schlau. Sie aktiviert aber durchaus das Gehirn auf vielfältige Weise. Das gelte insbesondere für die Werke des Salzburger Wunderkinds Wolfgang Amadeus Mozart, vermeldeten die Psychologin Frances Rauscher von der University of Wisconsin Oshkosh und der mittlerweile emeritierte Physiker und Neurobiologe Gordon Shaw von der University of California im Jahr 1993. Sie ließen Studenten einen Intelligenztest absolvieren, bei dem es galt, Aufgaben zum räumlichen Denken zu knacken. Ein Teil der Probanden bekam davor eine Mozart-Sonate zu hören, ein Teil Entspannungsmusik und die dritte Gruppe verbrachte die zehnminütige Vorbereitungszeit in absoluter Stille. Die Mozart-Hörer erreichten durchschnittlich 8 bis 9 IQ-Punkte mehr im Intelligenztest. "Mozart-Musik kann das Gehirn aufwärmen", spekulierte Shaw damals. "Wir vermuten, dass differenzierte Musik komplexe Denkvorgänge erleichtert." Monotone Musik könne dagegen das Umgekehrte bewirken. "Heute wissen wir, dass die Leistungssteigerung der Probanden wenig mit der speziellen Wirkung von Mozarts Kompositionen zu tun hatte", sagt Eckart Altenmüller, Professor für Musikphysiologie und Musikermmedizin an der Hochschule für Musik, Theater und Medien Hannover. "Es handelt sich vielmehr um einen Präferenzeffekt, der das Wohlbefinden steigert und die Aufmerksamkeit erhöht." 2006 fanden die Psychologen George Caldwell und Leigh Riby von der Glasgow Caledonian University heraus, dass sich mit Rockmusik ebenso wie mit Klassik die Konzentrationsfähigkeit steigern lässt – vorausgesetzt es handelt sich um den bevorzugten Musikstil der Probanden.

• Musizieren ändert das Hirn dauerhaft

Alle Neuverknüpfungen, die zwischen den Nervenzellen im Hirn entstehen, bleiben erhalten. Man kann sagen, dass Musik einen Trainingseffekt fürs Gedächtnis hat. Dies hat man auch bei hochbetagten Profi-Musikern festgestellt. Hirnareale, die normalerweise im Alter abbauen, sind bei den ehemaligen Profis noch immer stark ausgeprägt.

• Musiker haben mehr graue Substanz

Mithilfe der Schnittbilder des menschlichen Gehirns zeigte sich, dass in Musikerhirnen die Verbindung zwischen rechter und linker Gehirnhälfte, das sogenannte Corpus callosum, deutlich kräftiger ausgebildet ist. Und es ist mehr

graue Substanz in Regionen vorhanden, die für die Motorik, die auditive und die räumlich-visuelle Wahrnehmung zuständig sind. Forscher der Universität Jena haben in Zusammenarbeit mit Gottfried Schlaug von der Harvard Medical School in Boston herausgefunden, dass sich die Gehirne von Berufsmusikern auffällig von jenen der Nichtmusiker unterscheiden. Bereiche, die für das Hören, das räumliche Sehen und das Umsetzen von Bewegung zuständig sind, waren bei Musikern deutlich vergrößert. Wahrscheinlich, weil Musiker in ihrem Spiel nicht nur vorausdenken und die passenden Bewegungen zur Musik ausführen müssen, sondern gleichzeitig auch überprüfen sollen, ob sie richtig gespielt haben.

- "Es ist eigenartig, aber aus neurowissenschaftlicher Sicht spricht alles dafür, dass die nutzloseste Leistung, zu der Menschen befähigt sind – und das ist unzweifelhaft das unbekümmerte, absichtslose Singen – den größten Nutzen für die Entwicklung von Kindergehirnen hat."

Prof. Dr. Gerald Hüther, Leiter der Zentralstelle für Neurobiologische Präventionsforschung der Universität Göttingen und Mannheim/Heidelberg Dass Musik einen großen Nutzen hat, wird nicht nur von den Neurobiolog*innen belegt, auch andere Wissenschaftler*innen und Musikpädagog*innen beschreiben die Wichtigkeit von Musik im Alltag. Gleichzeitig mehren sich die Aussagen darüber, dass in Familien und anderswo seltener gesungen würde als früher, dass Erzieher*innen seltener Instrumente spielen könnten. In der Ausbildung zur Erzieher*in gebe es so wenige Unterrichtseinheiten zu Musik, dass diese nicht einmal ausreichen, um ein Liedrepertoire für wichtige Feste im Jahreslauf aufzubauen (Zimmer 2019). Darüber hinaus sei bedenkenswert, dass ein einmaliges Modul keinerlei Regelmäßigkeit biete. Regelmäßigkeit jedoch ist beim Singen und bei Musik allgemein überaus sinnvoll. Und schließlich stehen an manchen Orten Statements im Raum, über die sich nachzudenken lohnt: "Hauptsache, es wird gesungen. Wie gesungen wird, das spielt doch keine Rolle.", "Ich kann nicht singen, deshalb spiele ich den Kindern die richtigen Melodien von einer CD vor". Diese beiden Statements würde ich in einem ersten Schritt gern näher beleuchten: "Hauptsache, es wird gesungen. Wie gesungen wird, das spielt doch keine Rolle." Die Sängerin Catherine Veillerobe schließt sich dieser These grundsätzlich an, auch wenn sie diese in Bezug auf die Stimm lage differenziert. Über Pädagog*innen, die Singimpulse an die Kinder herantrügen, könne man sich grundsätzlich freuen. Vornehmlich hebt sie im Interview mit Jasmin Zimmer hervor, dass mit der ästhetisch-musischen Bildung viele Kompetenzen gestärkt würden – soziale, kommunikative, das Empathie-Empfinden. Als Beispiel bezieht sie sich auf Erkenntnisse aus der Sprachentwicklungsforschung, nach denen rhythmisch dargebrachte Impulse Kinder stärker stimulierten als rein sprachliche und so die Sprachentwicklung mitunter besser anregten. Verbunden mit Bewegung und Tanz werde "das Singen zu einer ganzheitlichen Betätigung", es entstehe ein Flow, der "das Wohlbefinden des Menschen erheblich" steigern (Veillerobe, in: Zimmer 2019). Etwas komplexer wird es bei der Betrachtung der Stimmhöhe. Ideal – so die Musikpädagogin – sei es, wenn sich die Stimmen angleichen: die Stimmhöhe der Erzieherin solle sich möglichst an die der Kinder (hohe Stimm lage) angleichen. "Gesunde, ausgeglichene Kinderstimmen bewegen sich hauptsächlich im Kopfstimmbereich. Rein physiologisch, betrachtet man die Resonanzräume aber auch die Körperproportionen – der Kopf ist im Verhältnis zum Körper viel größer als bei Erwachsenen – sind Kinder beim Singen in diesem Kopfstimmbereich natürlicherweise zu Hause" (Veillerobe, in: Zimmer 2019). Bei Erwachsenen kommen je nach Stimmfach mehr Bruststimmanteile dazu. Da Kinder von Vorbildern lernen, ist es wichtig, sie beim Finden ihrer Kopfstimmigkeit zu unterstützen und eine kindgerechte Stimm lage anzubieten. So kann die Stimmtennwicklung von Kindern gut unterstützt werden. Nun scheint es manchem Erwachsenen etwas peinlich zu sein, mit den Kindern in hohen Stimm lagen zu singen oder höher, als man vielleicht sonst singen würde. Aber – so die Überzeugung der Sängerin – es kommt auf die eigene Haltung und das angestrebte Ziel

an. Nach Erfahrung der Spezialistin singen Kinder häufiger und lieber mit, wenn das Vorbild in hoher Stimmlage singt. Und vielleicht animiert man so auch Kinder zum Mitmachen, die eher selten einen Ton von sich geben. So gesehen könnte man auch sagen: der Erfolg wird den aktiven Sänger*innen Recht geben. Wer ist nicht schon einmal bei einem Konzert in der Kita, das beim Sommerfest geboten wird, gerührt dagestanden und hat sich einfach gefreut, mit welchem Stolz und welcher Inbrunst die Kinder ihr Können präsentieren. Wen packte es nicht, wenn die Kinder beim täglichen Singkreis engagiert mitklatschen, hüpfen, ein Lied oder Passagen davon mitsingen. "Ich kann nicht singen, deshalb spiele ich den Kindern die richtigen Melodien von einer CD vor." Damit komme ich zum zweiten Statement, das nicht selten zu hören ist. Die einfachste Antwort darauf könnte lauten: Kann ich nicht, gibt's nicht. Mit den dazu nötigen Organen kann jeder Mensch singen; man muss es ausprobieren und in gewisser Weise üben. Auch andere Fertigkeiten erlernt man durchs Tun und durch vielfache Wiederholung, und so verhält es sich auch beim Singen. Mit etwas Mut und gemeinsam mit einer geübten Kolleg*in wird sich die Freude am Singen einstellen. Auf Perfektion kommt es hier gewiss nicht an, "vielmehr auf die Lust am Tönen, am Ausprobieren." Dabei können wir Erwachsenen erleben, "wie unsere eigenes Instrument der Stimme wieder zum Klingen kommt – und welche Wirkungen Singen nicht nur auf die Kinder, sondern auch auf uns selbst hat" (Kreusch-Jacob 2018, 35). Beim Abspielen einer CD fehlt darüber hinaus "der menschliche Aspekt, auch die emotionale Anbindung an das Gegenüber" (Veillerobe, in: Zimmer 2019). Und diese Anbindung spielt, wie bei vielen Lernprozessen, eine bedeutende Rolle. Das singende Vorbild regt das Kind ungleich stärker an mitzusingen, als es eine CD vermag. Das Auflegen der CD kann einfach sein, aber man könnte entgegen halten: Was wir selbst zu produzieren in der Lage sind, das sollten wir auch zum Anregen gelungener Bildungsprozesse tun. Verstehen Sie mich bitte im besten Sinne, das Abspielen einer CD soll nicht verteuelt werden: Wenn ansteht, ein bestimmtes Lied – vielleicht aus "Peter und der Wolf" – vorzuspielen, so steht dem nichts im Wege. In dem hier dargestellten Zusammenhang geht es um das Vorbild, das wir als Pädagog*innen sein können, und um ein Lebensgefühl, das sich mit dem Gesang transportiert. Die Opernsängerin und Musikpädagogin Catherine Veillerobe drückt es so aus. "Ein singender Mensch vermittelt nicht nur den reinen Klang, sondern transportiert auch immer tiefgreifende Gefühle und ganze Lebenswelten, die ihn bestimmen." Und daraus folgt für sie ganz einfach: "Singen macht glücklich!" (Veillerobe, in: Zimmer 2019).

- Gehirn verarbeitet jede Musik anders Unser Gehirn verrät, welche Musik wir hören. Welche Musik wir hören, verrät das Muster unserer Hirnaktivität. Ob und wie sich das Muster der Aktivität auch zwischen verschiedenen Musikgenres unterscheidet, hat im August 2013 ein Forscherteam um den Studienleiter Vinoo Alluri von der Universität von Jyväskylä in Finnland untersucht. Für ihre Studie spielten sie Probanden mehrere unterschiedliche Musikstücke vor, darunter Ausschnitte aus einem Vivaldi-Konzert, ein Jazzstück von Miles Davis, Blues, einen argentinischen Tango und ein Stück von den Beatles. Während die Teilnehmer der Musik lauschten, zeichneten die Forscher ihre Hirnaktivität mittels der fMRT auf. Wie erwartet, gab es einige Areale, die von allen Musikarten aktiviert wurden: Bereiche in der Hörrinde, im Emotionen verarbeitenden limbischen System und im motorischen Kortex. Aber es gab auch Unterschiede: Besonders komplexe Musikstücke lösten eine höhere Aktivität im rechten Schläfenlappen aus. Und noch etwas wurde deutlich: Bei Liedern mit Text, beispielsweise Popsongs, verschob sich die Aktivität von der linken überwiegend in die rechte Hirnhälfte.
- Musizieren/hören schüttet Endorphine aus Musizieren und Musikhören lösen im Gehirn dieselben Effekte aus wie Essen, Sport, Sex oder Drogen. Es kommt zu einer Ausschüttung von Endorphinen, unseren körpereigenen Glückshormonen, und zu einer Verringerung des Stresshormons Cortisol. Zudem wird vermehrt der Neurotransmitter Dopamin ausgeschüttet, der eine wichtige Rolle

im Belohnungssystems unseres Gehirns spielt und motivierend wirkt. Musik, die unserer Stimmung entspricht, hebt unser Wohlbefinden. Mit anderen Personen Musik zu machen oder ein Konzert zu genießen stimuliert auch die Ausschüttung von Oxytocin. Oxytocin ist als Bindungshormon bekannt, da es Vertrauen und Sympathie zwischen Personen fördert. All diese Veränderungen unserer Hirnchemie blockieren Schmerz, bauen Stress ab und lösen positive Emotionen aus – Musik macht glücklich. Das gilt übrigens nicht nur für fröhliche Musik: Fühlen wir uns traurig oder wütend, verbessert das Hören von Musik mit derselben Stimmung ebenfalls unser Wohlbefinden. Zu sehen, was beim Musikhören passiert wurde erst durch bildgebende Verfahren wie die funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT) möglich. Hört ein Mensch Musik, werden die Strukturen zuerst im Hirnstamm verarbeitet. Auf dieser Ebene ist die Musik noch nicht ins Bewusstsein gedrungen. Das geschieht erst, wenn die Reize das Hörzentrum, den sogenannten Hörkortex, erreichen. Erst dort werden Instrumente oder Stimmen unterschieden. Es ist schon länger bekannt, dass Musiker andere Gehirnstrukturen haben als Nichtmusiker. Neu ist lediglich, dass bei Jazzpianisten andere Hirnprozesse ablaufen als bei klassischen Pianisten, selbst wenn sie das gleiche Musikstück spielen. "Miles Davis ist nicht Mozart", betonen die Leipziger Forscher des Max-Planck-Instituts (MPI) für Kognitions- und Neurowissenschaften in ihrer Studie vom Januar 2018. Der Grund: Die beiden Musikstile fordern den Musikern unterschiedliche Fähigkeiten ab.

• Musiker >> Nichtmusiker

Auch, wenn Musik an sich nicht schlau macht, gibt es einige Wirkungen von Musik, die Einfluss auf unser Hirn haben. Einen Effekt, den jeder kennt, ist, dass durch sie Emotionen ausgelöst werden können. So bringt uns zum Beispiel das erste Weihnachtslied im Dezember in Weihnachtsstimmung oder die Filmmusik eines Horrorfilms versetzt uns in Angst und baut Spannung auf. Zwar könnte man vermuten, dass es ein direktes Musikzentrum gibt, aber ein solches gibt es im Hirn nicht. Viel mehr wirkt sich Musik auf unterschiedliche Hirnareale aus. So zum Beispiel auf den auditorischen Kortex, auf eines von zwei Spracharealen, auf motorische und visuelle Areale, auf das limbische System, das für Emotionen zuständig ist und auf das Belohnungssystem. Beim Musik Hören und insbesondere auch beim Musizieren hat unser Hirn jede Menge zu tun. Es muss eine große Fülle von Informationen verarbeiten, wie die Tonhöhen, Melodien und Rhythmen aber auch gleichzeitige Töne als Akkord wahrzunehmen oder zu erkennen welches Instrument im Raum wo spielt, erfordert einiges an kognitiver Leistung. Diese große Anzahl an Vergleichen und Messungen im Hirn teilen sich die linke und rechte Hirnhälfte. Doch wo liegen jetzt die Unterschiede zwischen Musikern und Nichtmusikern? Es wurde nachgewiesen, dass der Corpus Collatum, also der Hirnbalken, der für den Austausch von Informationen zwischen den beiden Hirnhälften zuständig ist, bei Profi-Musikern stärker ausgebildet ist. Des Weiteren wurde auch entdeckt, dass Musiker mehr graue Substanz, also Nervenzellkörper, in den Bereichen des Gehirns haben, die für das räumliche Sehen, Hören und die Motorik zuständig sind. Also die Areale, die die Aktivitäten der Hände, mit denen des Hörens und Analysierens verknüpfen, sind besonders ausgeprägt.

Es bleibt zu sagen, dass keine allgemeingültige Aussage zur richtigen Musik oder zum richtigen Umgang mit Musik getroffen werden kann, denn jeder nimmt Musik etwas anders wahr. Zur besseren Konzentration hingegen eignet sich häufig jedoch eher instrumentelle Musik, da uns die sprachlichen Reize häufig ablenken. Zum Sport eignet sich schnelle und treibende Musik. Grundsätzlich sollte aber jeder die Musik hören, die ihm am besten gefällt. Denn damit kann das generelle Wohlbefinden und die Motivation gesteigert werden. Funfact: Man geht davon aus, dass die Aufteilung der Aufgaben, die beim Laien linke und rechte Hirnhälfte übernehmen, beim Profi-Musiker genau umgedreht sind.

• Musik lässt manche Menschen kalt

Während Musikliebhaber in den höchsten Tönen von ihren

schönsten Konzerten schwärmen, lässt das andere völlig kalt. Neurowissenschaftler um Josep Marco-Pallarés von der Universität Barcelona haben im März 2014 herausgefunden, dass einige Menschen völlig immun gegen jede Wirkung von Musik sind. Die Forscher sprechen von Anhedonie - der Unfähigkeit, Freude zu empfinden. In Tests erkannten die Teilnehmer zwar, ob Musik fröhlich oder traurig war, aber sie ließen sich von den Gefühlen nicht anstecken. Die Forscher gehen davon aus, dass ihr Belohnungssystem im Gehirn anders arbeitet. Denn die Studienteilnehmer waren durchaus zur Freude fähig, beispielsweise, wenn sie in einem Spiel Geld gewinnen konnten. Nur Musik hatte bei ihnen keine Auswirkung.

• **Hirn-Wirkungen:** Die äußerste Schicht (Hirnrinde) ist in erster Linie für bewusste Empfindungen und Handlungen zuständig.

Musizieren erfordert höchste Konzentration: Hören, Sehen und Bewegung finden gleichzeitig statt. Musik ist mehr als akustisches Signal. Sie aktiviert weite Bereiche des Gehirns, weckt Assoziationen und Emotionen und wurzelt möglicherweise in einer Art vorsprachlichen Kommunikation (Prof. Dr. Eckart Altenmüller). Während wir Musik unbeschwert genießen, arbeitet unser Gehirn auf Hochtouren. Auch die Finger eines Pianisten, die scheinbar einfach über die Tasten gleiten, werden durch komplizierte Prozesse im Kopf gesteuert. Dank immer ausgefeilter Verfahren konnten Wissenschaftler weltweit bereits viele Geheimnisse in diesem Zusammenhang lüften. Doch was geschieht überhaupt, wenn Musik an unser Ohr dringt? Zunächst einmal besteht sie aus Klängen oder, physikalisch ausgedrückt, aus Schwingungen, die durch feine Veränderungen des Luftdrucks entstehen. Im Ohr wird der mechanische Reiz in ein neuronales Signal verwandelt, das über mehrere Umschaltstationen letztlich die Hörrinde im Schläfenlappen erreicht. Hören: Vom einfachen Wackeln zur wunderbaren Vielfalt der Klänge. Bereits auf dem Weg dorthin wird das akustische Signal mehrfach analysiert und vorsortiert. So differenziert der Cochlearkern zwischen einzelnen, gleichbleibenden Tönen und einem akustischen Muster. Und am Ende der Hörbahn, in der primären Hörrinde, unterscheidet die Heschel'sche Querwindung zwischen reinen Tönen und komplexen Hörreizen wie Mehrklängen und Klangfarben. Im weiteren Verlauf fächert sich die Musikverarbeitung im Gehirn immer weiter auf. Kein Wunder also, dass die Suche nach einem Musikzentrum im Denkkorgan zum Scheitern verurteilt war. Neben den bereits erwähnten Arealen im motorischen Cortex, kommen etwa die visuellen Zentren ins Spiel. "Wenn wir beispielsweise einem Streichquartett lauschen, sehen wir vor unserem inneren Auge die Geiger und Cellisten musizieren", erklärt Altenmüller. "Und wir verknüpfen mit dem Höreindruck eine kulturelle und historische Prägung, die mit dieser Art von Musik im Zusammenhang steht." Zudem tritt das limbische System in Aktion. Es bewertet etwa, ob uns Musik gefällt oder nicht. So agiert der Gyrus cinguli, wenn eine Melodie als angenehm empfunden wird. Dissonante, als unangenehm erfahrene Klänge regen dagegen den Gyrus parahippocampalis an. Auch das Belohnungssystem trägt seinen Teil zum Musikempfinden bei. Es wird – ähnlich wie beim Sex, Essen oder Drogenkonsum – aktiv und zeichnet für den einen oder anderen wohligen Schauer verantwortlich. Und das alles geschieht vor dem Hintergrund persönlicher Vorlieben und Erfahrungen sowie der kulturellen Prägung. Streng genommen ist also Musik in jedem individuellen Gehirn ein wenig anders repräsentiert. Überholt ist auch die Vorstellung, dass Musikverarbeitung eine Sache der rechten Hirnhälfte sei. Tatsächlich sind beide Hemisphären beteiligt, wenn auch mit unterschiedlichen Aufgaben. Bereits 1990 folgerte Isabella Peretz von der Université de Montréal in Kanada aus der Untersuchung von Patienten mit einseitigen Hirnschäden, dass die rechte Hirnhälfte Musik eher ganzheitlich verarbeitet, die linke dagegen analytisch. Doch auch diese Hypothese scheint sich nicht zu bestätigen. Eckart Altenmüller und seine Kollegin Maria Schuppert von der Hochschule für Musik Detmold untersuchten im Jahr 2000 Patienten mit rechts- oder linksseitigen Schlaganfällen. Das Ausfallmuster war recht heterogen. Betroffene mit Schä-

den in der linken Hälfte hatten entweder Schwierigkeiten mit Rhythmen oder Tonfolgen. War die rechte Seite in Leidenschaft gezogen, haperte es entweder an Kontur und Tonfolge oder an Takt und Rhythmus. Demnach, so vermuteten die Forscher, existiert bei der Musikverarbeitung eine Art Hierarchie: Während die rechte Hirnhälfte die Grobstruktur herausarbeitet, übernimmt die linke Hemisphäre die Feinanalyse. Es gibt nicht das eine Musikzentrum im Hirn. Musik aktiviert die unterschiedlichsten Hirnregionen gleichzeitig. Denn Musik zu machen beansprucht ein kompliziertes Zusammenspiel sehr verschiedener Fähigkeiten: den Hörsinn, den Sehsinn, den Tastsinn, die Feinmotorik. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass bei der Verarbeitung von Musik sogar das Broca-Areal beteiligt ist, eines der beiden Sprachzentren, mit Auswirkungen auf kognitive und emotionale Entwicklung. (Es gibt das Broca- und das Wernicke-Sprachzentrum: Ohne Broca kannst nix reden; ohne Wernicke verstehst die Sprache nimmer und kannst nur Schwachsinn lallen)

Musik hören tut Körper und Geist gut. Sie lässt uns im Takt wippen, mit den Füßen tippeln, sie motiviert uns beim Sport und beeinflusst unsere Stimmung positiv an schlechten Tagen. Spätestens seit die Neurowissenschaften genauer auf die Auswirkungen von Musik in den verschiedenen Phasen des Lebens schauen und vielfältige positive Bezüge finden, ist klar: Musik gehört von Anfang an dazu. Bereits im Mutterleib hat das Ungeborene Hörerfahrungen. Bereits ab der 22. Schwangerschaftswoche ist die Hörschnecke bei Ungeborenen vollständig ausgebildet. Es verwundert also nicht, dass schon Ungeborene Musikstücke wiedererkennen und darauf reagieren, wie zum Beispiel durch Bewegungen oder Tritte im Mutterleib und nach der Geburt mit erhöhter Aufmerksamkeit. Die Informationen aus dem Mutterleib sind wichtig und haben einen praktischen Nutzen nach der Geburt (vgl. Pauli 2009), nämlich Wiedererkennung. Außerdem stellten Forscher fest, dass sich der Herzschlag von Ungeborenen bei sanften Klängen, wie zum Beispiel bei klassischer Musik, beruhigte und Bewegungen entspannter wurden. Das gegenteilige Verhalten konnte bei anregender Musik festgestellt werden. Kinder können also bereits im Mutterleib durch Musik geprägt werden, wobei werdende Mütter nicht unbedingt nach einer Prägung die zuhörende Musikrichtung aussuchen sollten, sondern viel lieber nach eigenen Präferenzen. Denn das tut Kind und Mutter gut.

Herzschlag, Atemfrequenz und Muskelspannung je nach Musikrichtung. Die Klänge wirken sich nach Forschungsergebnissen auf unsere Nebenniere und die Hypophyse aus. Musizieren und Musikhören hat folglich Einfluss auf den Hormonhaushalt. Deshalb hört man beim Sport gerne schnelle und aggressive Musik. Das dabei ausgeschüttete Adrenalin treibt zu Höchstleistungen an. Das Gegenteil passiert bei ruhiger Musik. Das Stresshormon Cortisol wird verringert, Noradrenalin wirkt Stress reduzierend und sogar Schmerz dämpfend. Deshalb wird Musik auch in der **Schmerztherapie** unterstützend eingesetzt. Musik und Musizieren haben den Weg in die Medizin gefunden. Durch Musizieren werden neue Nervenverbindungen geschaffen. Dies kann positiv in der Rehabilitation von Schlaganfallpatienten und in der Altersheilkunde eingesetzt werden. **Musik hat nicht nur chemische Effekte auf unser Gehirn, sondern auch strukturelle. Musikalische Reize sorgen dafür, dass sich die Nervenzellen in unserem Gehirn neu verschalten und sich die Hirnareale so besser miteinander vernetzen. Die Fähigkeit des Gehirns, sich auf diese Weise zu verändern, wird als Neuroplastizität bezeichnet. Gehirne von Berufsmusikern zeigen im Vergleich zu Nichtmusikern einige Unterschiede: So ist die Verbindung zwischen den beiden Hirnhälften, das Corpus Callosum, deutlich stärker ausgebildet. Dies legt nahe, dass die beiden Hirnhälften besser miteinander kommunizieren können. Auch haben Musikerhirne mehr graue Substanz in Bereichen, die für das Hören, räumliches Sehen und die Motorik zuständig sind.**

Es gibt immer mehr Untersuchungen, die zeigen, dass Musik nicht nur auf unser emotionales, sondern auch auf unser körperliches Wohlbefinden einen positiven Effekt hat. So fanden Wissenschaftler beim Hören von Musik eine Steige-

rung von Antikörpern und Zellen, die uns gegen Bakterien schützen. Der Einsatz von Musik erzielte ausserdem positive Effekte in der Therapie verschiedenster Erkrankungen, von Depressionen und Schlaflosigkeit über ADHS und Schizophrenie bis hin zu Parkinson, Demenz und Schlaganfällen. Es gibt also kaum einen einfacheren, billigeren und vor allem genüsslicheren Weg, unserem Körper und Geist etwas Gutes zu tun, als immer wieder einmal die Kopfhörer aufzusetzen. Deine Workout-Playlist motiviert dich nicht nur und bespaßt dein Hirn, während du anstrengende Arbeit verrichtest, sondern erhöht auch deine Schmerztoleranzgrenze und ist damit die gängigste Form, Schmerzen besser auszuhalten oder zu mindern, funktioniert nur etwas anders als die Ibuprofen, die wir kennen. Musik ist nämlich nichts, was wir aktiv zu uns nehmen, um unseren Körper zu heilen (auch wenn viele jetzt das Gegenteil behaupten werden). Musik minimiert Schmerzen, indem es unsere Konzentration verlagert. Wenn du gestresst bist, sorgt dein Gehirn dafür, dass genug „Feel Good“-Hormone deine Negativität verlagern. Du fühlst dich stärker und je stärker du dich fühlst, desto mehr Schmerzen kannst du in dem Moment tolerieren. Die Forschung hat gezeigt, dass das Hören von Musik Angstzustände, Blutdruck und Schmerzen verringern sowie die Schlafqualität, die Stimmung, die geistige Wachheit und das Gedächtnis verbessern kann. Möchtest du deinen Körper straffen, gehst du ins Fitnessstudio. Möchtest du aber dein Gehirn trainieren, solltest du Musik hören/machen. Musik bewegt. Diesen Reiz, diese Emotion macht sich auch die Medizin mehr und mehr zu Nutze, zum Beispiel um die gesamte Körperspannung hinabzusetzen. Die passende Musik kann die Ausschüttung des Stresshormons Cortisol dämpfen und gleichzeitig die Aufmerksamkeit nach Außen hinwenden - weg vom Schmerz, hin zur Musik. Der Schmerzeindruck entsteht im limbischen System, dort, wo die Emotionen sitzen. Musik belegt die gleiche Stelle und kann somit als eine Art Filter gegen Schmerzen fungieren. Mit der Lieblingsmusik können die Schmerzen buchstäblich überspielt werden. Eckart Altenmüller. Beim Musizieren, aber auch beim Hören, vollbringt das Gehirn Höchstleistungen. Hirnregionen verbinden sich und das kommt besonders Schlaganfallpatienten zu Gute. Vor allem im Bereich Gedächtnistraining, Aufmerksamkeit und Motorik führt die Therapie mit Musik oft zu schnelleren Erfolgen. Nicht zu vergessen: die Stimmung der Betroffenen. Musizieren belebt und schafft bestenfalls positive Emotionen. Das klappt natürlich nur mit individualisierter Lieblingsmusik. Einfach zu sagen: 'Mozart macht gesund' funktioniert nicht (Eckart Altenmüller). Was kennt der Patient, welche Musik mag der Patient wirklich? Erst die persönliche Musikauswahl schafft gute Stimmung sowie Motivation und damit einen verbesserten Lerneffekt.

Musik hat die ungewöhnliche Kraft blockierte Erinnerungen an die Oberfläche zu bringen. Ein bestimmter Song kann dich an ein tolles Erlebnis vor über 20 Jahren erinnern, aber auch Schmerzen hervorrufen, die du einmal gefühlt hast. Musik kann traurige Erinnerungen aber auch tolle wecken. Musik wird daher häufig auch zur Bekämpfung von Alzheimer eingesetzt, um verlorengegangene Erinnerungen wiederzuerwecken. Musik ist kein Heilmittel gegen diese neurologische Störung, aber eine große Erleichterung für die Betroffenen.

Verspürst du manchmal eine Gänsehaut, während du ein (klassisches) Musikstück hörst, oder während jemand eine hohe Note ansingt? Wenn du diese Frage bejahen kannst, fühlst du Musik anders, als die meisten Menschen. Dein Gehirn schüttet mehrere starke Chemikalien aus, die deinen Herzschlag erhöhen, deine Temperatur steigern und deine Haut leitfähiger für Elektrizität machen, so dass dein Nervensystem, wenn es ein elektrisches Signal aussendet, winzige Muskeln am Ansatz deines Haares auf deiner Haut stimuliert. Du bekommst eine Gänsehaut. Eigentlich sollte eine Gänsehaut nicht Anlass zur Freude sein, denn Gänsehaut ist schließlich ein Anzeichen für Nervosität oder Kälte, doch die musikalische Gänsehaut wird durch deine positiven Emotionen zum Musikstück geformt. Eine Studie im Jahr 2016 fand heraus, dass Menschen, die solch eine Gän-

sehaut empfinden, wohl ein besseres Gehör haben und mit einem tieferen musikalischen Verständnis gesegnet sind. Kannst du dich dazu zählen?

- **Musik als Suchtmittel**
Hast du dich schon einmal gefragt, warum wir uns in bestimmte Songs verlieben und ein und dasselbe Lied am liebsten den ganzen Tag für immer und ewig hören möchten? Musik gibt uns Energie und Kraft, Inspiration und Freude. Studien zufolge hat Musik denselben Einfluss auf dein Belohnungssystem, wie abhängigmachende Drogen. Verantwortlich dafür ist das Dopamin, welches während des Musikhörens ausgeschüttet wird – du willst immer mehr davon! Aber keine Sorge, die Musikabhängigkeit ist wohl eine der gesündesten,
- **Berufsmusiker haben andere Hirne als Laien**
Forscher der Universität Jena haben in Zusammenarbeit mit Gottfried Schlaug von der Harvard Medical School in Boston herausgefunden, dass sich die Gehirne von professionellen Musikern auffällig von jenen der Nichtmusiker unterscheiden. Gehirnareale, die für das Hören, das räumliche Sehen und das Umsetzen von Bewegung zuständig sind, waren bei Musikern deutlich vergrößert. Wahrscheinlich, weil Musiker in ihrem Spiel nicht nur vorausdenken und die passenden Bewegungen zur Musik ausführen müssen, sondern gleichzeitig auch überprüfen sollen, ob sie richtig gespielt haben.
- **Das Gehirn verrät, ob und welche Musik wir hören**
Im Gehirn zu sehen, was beim Musikhören passiert, wurde erst möglich durch bildgebende Verfahren wie die funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT). Dabei lässt sich erkennen, welche Art von Musik wir hören, ob wir Berufsmusiker sind oder ob uns Musik gar nicht anspricht. Bei Jazzpianisten laufen andere Hirnprozesse ab als bei klassischen Pianisten. Das haben Leipziger Forscher des Max-Planck-Instituts für Kognitions- und Neurowissenschaften in ihrer Studie vom Januar 2018 festgestellt. Der Grund: Die beiden Musikstile fordern den Musikern unterschiedliche Fähigkeiten ab. Welche Musik wir hören, verrät das Muster unserer Hirnaktivität. Die Aufgabe von Klassikpianisten ist es, ein Stück einfühlsam zu interpretieren. Sie konzentrieren sich beim Spielen besonders darauf, wie sie ein Stück spielen. "Dadurch scheinen sich unterschiedliche Abläufe im Gehirn etabliert zu haben, die während des Klavierspielens ablaufen und den Wechsel in einen anderen Musikstil erschweren", so Daniela Sammler, Neurowissenschaftlerin und Leiterin der Studie. Bei Jazzpianisten geht es vor allem darum, eine Melodie fantasievoll zu interpretieren und zu variieren. Deshalb reagieren Jazzpianisten normalerweise schneller auf eine unvorhergesehene musikalische Situation und können ihr Klavierspiel trotzdem leicht fortführen. "Als wir sie während einer logischen Abfolge von Akkorden plötzlich einen harmonisch unerwarteten Akkord spielen ließen, begann ihr Gehirn viel früher, die Handlung umzuplanen als das Gehirn klassischer Pianisten", erklärt Roberta Bianco, Erstautorin der Studie. Wenn es aber darum geht, ungewöhnliche Fingersätze zu nutzen, hatten in der Leipziger Studie die klassischen Pianisten die Nase vorn. Wie sich das Muster der Aktivität auch zwischen verschiedenen Musikgenres unterscheidet, hat vor einigen Jahren ein Forscherteam um den Studienleiter Vinoo Alluri von der Universität von Iyväskylä in Finnland untersucht. Für ihre Studie spielten sie Probanden unterschiedliche Musikstücke vor, darunter Ausschnitte aus einem Vivaldi-Konzert, ein Jazzstück von Miles Davis, Blues, einen argentinischen Tango und ein Stück von den Beatles. Während die Teilnehmer der Musik zuhörten, zeichneten die Forscher die Aktivität ihres Gehirns mit Hilfe der Magnetresonanztomografie auf. Wie vermutet, gab es einige Gehirnareale, die von allen Musikgenres aktiviert wurden, aber es gab auch Unterschiede: Besonders komplexe Musikstücke lösten eine höhere Aktivität im rechten Schläfenlappen aus. Und bei Liedern mit Text, beispielsweise Popsongs, verschob sich die Aktivität von der linken überwiegend in die rechte Hirnhälfte. Musik macht also nicht generell schlau – auch nicht klassische. Aber sie regt das Gehirn in vielfältiger Weise an. Wie das genau aussieht, hängt von der persönlichen Biografie ab, ist also individu-

ell verschieden. "Wenn jemand zum Beispiel Klavierunterricht hatte und dann einem Klavierkonzert von Beethoven lauscht, werden die Areale im motorischen Cortex aktiv, die die Hand und die Fingerbewegung repräsentieren", erklärt Altenmüller, der selbst Flöte und Medizin studiert hat. Das Denkkorgan spielt im Geiste mit – auch wenn die betreffende Person die Finger gar nicht bewegt. Bei Profis sind die Aktivierungsmuster beim Spielen und Zuhören sogar annähernd identisch. Ähnliches passiert auch, wenn der Musikhörer selbst gar kein Instrument spielt, wie Experimente des Musikpsychologen Stefan Koelsch von der Freien Universität Berlin aus dem Jahr 2006 nahelegen. Bei Probanden, die als angenehm empfundene Musik im funktionellen Magnetresonanztomografen hörten, waren Bereiche des Rolandischen Operculums aktiv – eine Region, die unter anderem Kehlkopf und Stimmbänder repräsentiert. Möglicherweise hatte das Gehirn im Geiste "mitgesummt". Es ist schon länger bekannt, dass Musiker andere Gehirnstrukturen haben als Nichtmusiker. Zudem gibt es Auffälligkeiten im Hirn von Klassik- oder Jazzpianisten.

• Eine Form der Kommunikation

Es geht aber um mehr als reines Hörvergnügen. "Die Musik drückt das aus, was nicht gesagt werden kann und worüber zu schweigen unmöglich ist", sagte einst der französische Schriftsteller Victor Hugo. Dass Musik eine so emotionale Angelegenheit ist, könnte ganz in den Ursprüngen der menschlichen Evolution begründet sein, möglicherweise als eine Art vorsprachliche Kommunikation. So vermutet der Emotionsforscher Jaak Panksepp, Emeritus an der Bowling Green State University in Ohio, dass frühe Hominiden mit Hilfe melodischer Rufe in Kontakt zueinander blieben – etwa wenn eine Mutter außer Sichtweite ihres Sprösslings nach Nahrung suchte. Das Gehirn scheint Musik zudem ganz ähnlich zu verarbeiten wie Sprache – nämlich nach syntaktischen Regeln. Es analysiert Töne, Intervalle und Akkorde und stellt sie in einen Zusammenhang. Bereits 2002 erkannte die Neuropsychologin Angela Friederici vom Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften in Leipzig, dass dabei unter anderem das Broca-Areal und der vordere Teil des Gyrus temporalis superior aktiv sind. Hören: Vom Laut zum Wort. Beide sind auch für die syntaktische Verarbeitung von Sprache von Bedeutung. Und Stefan Koelsch stellte 2005 fest, dass musikalische Regelverstöße im Denkkorgan zu Irritation führen. So machte sich in seinen Experimenten beispielsweise ein überraschender, als falsch empfundener Schlussakkord durch auffällige Muster im EEG bemerkbar. Die Theorie der nonverbalen Kommunikation wird dadurch untermauert, dass wir verschiedenen Klängen automatisch eine Bedeutung beimessen. So empfinden wir Töne etwa als hohl, rau, spitz oder hell. Ob Klang und Bedeutung für einen Hörer zusammenpassen, lässt sich anhand des elektrischen Hirnpotenzials verfolgen, genauer gesagt: Anhand der so genannten N400-Welle. Sie zeigt sich bei der Sprachverarbeitung Sekundenbruchteile nachdem ein Wort erklingt und ist umso größer, je weniger es in den bisherigen Zusammenhang passt. Folgt beispielsweise auf den Satz "Der Junge singt ein Lied" das Wort "Musik", so ist die Welle kleiner, als wenn als Nächstes das unpassende Wort "Stift" kommt, wie Koelsch in einer Übersichtsarbeit zur Musikverarbeitung erklärt. Ähnlich verhalte es sich, wenn man eine sphärenhaft klingende Mozart-Symphonie mit dem Wort "Engel" assoziieren würde, im Experiment dagegen "Flegel" erklingt. Dieser Effekt stellt sich bereits bei kurzen, isolierten Klängen ein, wie Koelsch gemeinsam mit Julia Grieser-Painter von der Oregon Health & Science University im Jahr 2011 erkannte.

"Das kann so wahrscheinlich keine andere Spezies", sagt Stefan Koelsch in einem Audiobeitrag auf dasGehirn.info Hirnforschung und Musik mit Stefan Koelsch. Musik und Musikalität sind demnach zutiefst menschlich.

• Musik und Emotionen

Das größte Problem bei der Beantwortung der Frage, wie Musik Emotionen erzeugt, dürfte die Tatsache sein, dass sich Zuordnungen von musikalischen Elementen und Emotionen nie ganz eindeutig festlegen lassen. Die Lösung dieses Problems ist die Strebetendenz-Theorie. Sie sagt, dass

Musik überhaupt keine Emotionen vermitteln kann, sondern nur Willensvorgänge, mit denen sich der Musikhörer identifiziert. Beim Vorgang der Identifikation werden die Willensvorgänge dann mit Emotionen gefärbt. Das gleiche passiert auch, wenn wir einen spannenden Film anschauen und uns mit den Willensvorgängen unserer Lieblingsfigur identifizieren. Auch hier erzeugt erst der Vorgang der Identifikation Emotionen. Weil dieser Umweg der Emotionen über Willensvorgänge nicht erkannt wurde, scheiterten auch alle musikpsychologischen und neurologischen Versuche, die Frage nach der Ursache der Emotionen in der Musik zu beantworten. Man könnte dabei an einen Menschen denken, der einen Fernsehapparat aufschraubt und darin mit einer Lupe nach den Emotionen sucht, die er zuvor beim Ansehen eines Films empfunden hatte. Doch wie kann Musik Willensvorgänge vermitteln? Diese Willensvorgänge haben etwas mit dem zu tun, was alte Musiktheoretiker mit "Vorhalt", "Leitton" oder "Strebetendenz" bezeichnet haben. Wenn wir diese musikalischen Erscheinungen gedanklich in ihr Gegenteil umkehren (der Ton strebt fort – ich will, dass der Ton bleibt), dann haben wir in etwa den Willensinhalt gefunden, mit dem sich der Musikhörer identifiziert. In der Praxis wird dann alles noch etwas komplizierter, so dass sich auch differenziertere Willensvorgänge musikalisch darstellen lassen.

Zum Thema "Musik und Emotionen" möchte ich auf den fünfteiligen Artikel "Warum klingt Moll traurig? Die Strebetendenz-Theorie erklärt das Gefühl in der Musik" verweisen. Er wurde im Online-Magazin "musik heute" publiziert und kann unter folgendem Link kostenlos heruntergeladen werden: <http://www.musik-heute.de/tags/strebetendenz-theorie/> Bernd Willimek Bernd Willimek 20.01.2017

Da ich mehrfach gebeten wurde, das Prinzip der Strebetendenz-Theorie auf eine Weise darzustellen, so dass sie auch ein Laie mühelos nachvollziehen kann, füge ich dem obenstehenden Artikel eine solche Erklärung bei. Sie ist unter folgendem Link kostenlos abrufbar:

www.willimekmusic.de/erklae rung-strebetendenz-theorie.pdf

Zur Strebetendenz-Theorie gibt es jetzt einen Wikipedia-Artikel:

www.de.wikipedia.org/wiki/Strebetendenz-Theorie

• Elektrokortikographie

Während das MRT die Gehirnaktivität anhand des Blutflusses nur von außen scannt und damit eine für die Bedürfnisse der Forscher eher grobe Abbildung des Geschehens liefert, bietet die Elektrokortikographie (ECoG) einen tieferen Einblick in die elektrische Aktivität der Nervenzellen. Dazu müssen jedoch Elektroden im Schädel angebracht werden, was einen operativen Eingriff erfordert und daher beim Menschen nicht ohne weiteres möglich ist. Bei Epilepsiepatienten jedoch wird das Verfahren eingesetzt, um festzustellen, wo die Anfälle ihren Ursprung haben. 15 Betroffene erklärten sich bereit, darüber hinaus auch an der Musikstudie teilzunehmen. So konnten die Forscher eine detaillierte Arbeitsteilung der Hörzellen nachweisen. Sie vermuten, dass die auf Gesang spezialisierten Neuronen auf die Interaktion von Tonhöhe und Wörtern reagieren, bevor sie diese Informationen zur Verarbeitung an das Gehirn weiterleitet.

• Wie kommt eine musikalische Idee aufs Klavier?

Dieser Frage gingen Forschende an den Max-Planck-Instituten für empirische Ästhetik in Frankfurt am Main (MPI EA) und für Kognitions- und Neurowissenschaften in Leipzig (MPI CBS) nach. In zwei aktuellen Studien zeigen sie, in welcher Hirnregion aus einer musikalischen Idee beim Solospiel eine Fingerbewegung wird, und dass es in Duetten auf die gemeinsame "Wellenlänge" der Gehirne ankommt. Alle Schritte, die für das Solospiel nötig sind, müssen Musiker mit ihrem Partner synchronisieren, wenn sie mit ihm im Gleichklang spielen wollen. Wie das genau funktioniert, haben die WissenschaftlerInnen in einer weiteren Studie untersucht. Wenn Menschen ihre Handlungen aufeinander abstimmen, beispielsweise beim gemeinsamen Musizieren oder Singen, synchronisieren sich ihre Hirnwellen. erklärt Daniela Sammler, Leiterin der Forschungs-

teams. Ein Grund für diese Synchronisation ist, dass die Beteiligten zur gleichen Zeit ähnliche Dinge hören. Doch wie verhalten sich diese Wellen, wenn sich die Musiker miteinander abstimmen müssen, um harmonisch miteinander zu spielen? Um das herauszufinden, wurden 14 Pianistenpaare mittels Elektroenzephalographie (EEG) untersucht, während sie kurze Duette spielten. Alle Stücke enthielten in der Mitte eine musikalische Pause ohne Ton, danach sollten die Musiker in einem anderen Tempo weiterspielen. Jeweils ein Partner sollte schneller spielen, der andere langsamer. Diese Manipulation machte tatsächlich einen Unterschied für die Synchronizität der beiden Gehirne. Planten beide PianistInnen dasselbe Tempo, war sie hoch. Waren die Tempi verschieden, war sie niedrig. Diese Ergebnisse legen nahe, dass die Synchronisation der Hirnwellen zwischen MusikerInnen nicht nur ein Nebenprodukt ist, das durch gemeinsame Höreindrücke und die Musik selbst ausgelöst wird, sondern tatsächlich ein Mechanismus, durch den sie ihr Spiel miteinander koordinieren. Zusammengefasst stellen die Studien einen wichtigen Beleg für die komplexe Koordinationsleistung zwischen Hirn und Hand sowie zwischen EnsemblespielerInnen beim Musizieren dar.

Für die Wissenschaft: Klavierspielen im MRT

Beim Musizieren planen PianistInnen immer zwei Dinge parallel: Sie müssen koordinieren, was gespielt wird, also welcher Ton oder Akkord folgen soll, und wie dieser gespielt wird, das heißt, welche Finger genau den Anschlag ausführen. Ein Forscherteam des MPI EA und des MPI CBS hat mithilfe einer funktionellen Magnetresonanztomografie untersucht, wo genau diese Planungsschritte im Gehirn stattfinden. Dazu beobachteten sie die Hirnaktivität der StudienteilnehmerInnen in einer engen Röhre. Im Magnetresonanztomografen wird die Hirnaktivität beobachtet. Dort Klavier zu spielen, scheint unmöglich. Deshalb wurde in Zusammenarbeit der Blüthner Pianofortemanufaktur ein Spezialklavier mit 27 Tasten entwickelt, das über eine Lichtleitung die Tastendrücke des Pianisten registriert. Als die StudienteilnehmerInnen die bildlich vorgegebenen Akkordfolgen spielten, zeigte sich, dass die beiden Planungsschritte "Was" und "Wie" auch zwei unterschiedliche Hirnnetzwerke aktivieren. Besonders auffällig war, dass sich beide Netzwerke über eine frontale Hirnregion erstrecken, die auch an der Planung sämtlicher Alltagshandlungen beteiligt ist: den linken lateralen Präfrontalkortex. Er arbeitet in Stufen, erklärt Erstautorin Roberta Bianco: Während der vordere Teil eher abstrakte Planungsschritte umsetzt, werden die Abläufe zum hinteren Teil der Region hin immer feingliedriger. Die Planung wird also immer konkreter, es erfolgt eine Übersetzung vom Was zum Wie. Im Fall dieser Studie entspricht dies der Übersetzung einer musikalischen Idee in die Fingerbewegungen auf dem Klavier. Die Wissenschaftler:innen haben damit den Präfrontalkortex als zentrale Schlüsselregion identifiziert, die musikalische Kompositionen und Fingerbewegungen bei einer Solo-Performance koordiniert.

Was macht Musik mit dem Gehirn?

Musik wirkt sich vielfältig auf unser Leben aus: Wir hören Musik zu unserer Unterhaltung, wählen je nach Stimmungslage fröhliche oder traurige Stücke aus, wir bewegen uns oder tanzen dazu, wir klatschen, schnippen und summen mit, wenn uns ein Musikstück begeistert. In den ersten 15 Lebensmonaten explodiert die Anzahl der Synapsen in den Gehirnen der sehr jungen Kinder; gleichzeitig werden zwischen den Hirnhälften Verbindungen geschaffen. Unser Gehirn bzw. die Synapsen werden einerseits ausgebaut,

andererseits findet eine Art Selektion statt: die Wege, die häufig beansprucht werden, verstetigen sich. Wege, die selten genutzt werden, verkümmern. Ein Beispiel dazu: Bieten wir Kindern Aktivitäten wie Bewegungen zur Musik an, werden unterschiedliche Hirnareale gleichzeitig aktiviert. Erlebt ein Kind mehrfach die Stimulation verschiedener Hirnareale durch ganzheitliche Angebote, bilden sich hier entsprechende Gedächtnisspuren. Bei vergleichbaren Aufgaben aktiviert unser Gehirn diese Wege wieder; die vormals angesprochenen verschiedenen Hirnareale werden zur Bewältigung der Aufgabe genutzt. Wir gelangen so gewissermaßen leichter zu einer Lösung. Und jetzt kommt es noch besser: Auch bei neuen und unbekannten Aufgaben, die sich uns stellen, nutzt unser Gehirn diese verstetigten Wege. Weil es sich als nützlich herausgestellt hat, aktiviert das Gehirn gleichzeitig mehrere Areele und verwendet beide Hirnhälften zur Verarbeitung von Sinneseindrücken. Und das kann zu besseren Lösungen in den genannten Entwicklungsbereichen führen (vgl. Hirler 2018, S. 6). Wie praktisch ist das denn? Auch wenn noch nicht abschließend geklärt ist, ob es sich um mehr oder weniger starke Korrelationen handelt oder ob kausale Zusammenhänge angenommen werden dürfen: In unseren elementar-kinderhäusern können wir musikalische Erfahrungen ermöglichen: ganzheitlich und bildungsbereichsübergreifend, vielfältig an unterschiedlichen Stationen des Tagesablaufs, für ein Miteinander, das Verbundenheit in der Gruppe fördert. Um das Bild von Gerald Hüther zu bemühen: Geben Sie den Kindern mit Musik, Tanz, Bewegung und Rhythmik das Kraftfutter, das ihre Gehirne zur Entfaltung brauchen.

Was wird denn mit Bezug zu Musik erforscht?

In zahlreichen Artikeln wird von so genannten Transfer-effekten gesprochen, die in nahe und weite Effekte unterschieden werden, oder von kreuzmodalen Einflüssen, die man genauer beleuchtet. Kurz gesagt, erforschen Wissenschaftler*innen, "... inwiefern musikalische Tätigkeiten nicht nur kognitive Fähigkeiten stimulieren, sondern auch zu einer Verbesserung der Fähigkeiten in einer Vielzahl von außermusikalischen Bereichen führen" (Zhang 2015, S. 5). Der Bezug von musiknahen Kompetenzen erschließt sich unmittelbar: Wer sich mit Musik befasst, sie hört, fühlt, sich nach ihrem Rhythmus bewegt, vielleicht im Grundschulalter ein Instrument erlernt, hat nachweisbar bessere feinmotorische Kompetenzen. Derjenige erkennt Stücke und Töne schneller und genauer wieder als Menschen, die kaum Bezüge zur Musik erlebt hatten (vgl. Zhang 2016, S. 6). Das leuchtet ein, das bestätigt uns unsere Lebenserfahrung ohne Frage. Zu nahezu allen Entwicklungsbereichen sind Forschungen durchgeführt worden: Musik hat positive Auswirkungen auf die sprachliche Entwicklung, auf die Entwicklung des Wortschatzes und später aufs Leseverständnis. Umgang mit Musik verbessert die Gedächtnisleistung, sogar das räumliche Denken, erhöht die Kreativität in Bezug auf Lösungen. Dass die sozial-emotionale Entwicklung durch aktives Musizieren beeinflusst wird, ist nicht nur eine Hypothese. Nein, auch dieser Bezug ist belegt. Vierjährige Kinder sind nach gemeinsamem Musizieren hilfsbereiter und kooperativer. In einer Studie wird der Schluss gezogen, dass durch das gemeinsame musikalische Erlebnis wie Singen intrinsische Wünsche, Emotionen und Erfahrungen in einer Gruppe teilen zu wollen, aufrecht erhalten werden (Zhang 2015, S. 13f. bezieht sich auf eine Studie von Kirschner und Tomasello). Das sind wunderbare Nachrichten.

9 Schüler-Lehrer-Verhältnis

Für Motivation, Wohlbefinden und Leistung von Schulkindern spielt die persönliche Beziehung zu ihrer Lehrkraft eine große Rolle. Der Schlüssel ist emotionale Unterstützung, erklärt Bildungsforscherin Ann-Kathrin Jaekel.

Welche Auswirkungen hat eine gute Lehrer-Schüler-Beziehung? Was gehört zu einer guten Lehrer-Schüler-Beziehung? Wie lässt sich eine gute Lehrer-Schüler-Beziehung aufbauen?

Schülerinnen und Schüler haben das Bedürfnis nach persönlichem Kontakt zueinander und zu ihren Lehrkräften – das hat die Corona-Pandemie noch einmal ganz deutlich gezeigt. Als die Schulen geschlossen waren und die Kinder im sogenannten Distanzunterricht lernen mussten, hatten Videokonferenzen oder auch persönliche Treffen mit Lehrerinnen und Lehrern aus Schülersicht großen Einfluss auf die Unterrichtsqualität und auch auf ihre Freude am Lernen und ihre Anstrengungsbereitschaft. Das ist das Ergebnis einer Studie an der Universität Tübingen, die sich auf das Frühjahr 2020 bezieht. Insbesondere von den Lehrerinnen und Lehrern selbst erstellte Lernvideos wurden gut bewertet. "Da haben die Schülerinnen und Schüler das Gefühl, dass sich jemand Mühe gegeben und Zeit für sie genommen hat", sagt Studienautorin Ann-Kathrin Jaekel. Profi-Videos von externen Lernplattformen waren dagegen weniger beliebt.

Angesichts der vielen unterschiedlichen Unterrichtsmethoden in der ersten Phase des Distanzunterrichts seien diese Ergebnisse nicht unbedingt erwartbar gewesen, sagt Jaekel. Sie bestätigen aber, was bereits über die generelle Bedeutung der Lehrer-Schüler-Beziehung für die Unterrichtsqualität bekannt war – auch ganz ohne Pandemie. Nicht zuletzt in der umfangreichen Metaanalyse "Visible Learning" des neuseeländischen Bildungsforschers John Hattie steht das Verhältnis zwischen Lehrkraft und Schülerin oder Schüler weit oben auf der Rangliste der Einflussfaktoren für den schulischen Lernerfolg.

Welche Auswirkungen hat eine gute Lehrer-Schüler-Beziehung?

Die Effekte der Lehrer-Schüler-Beziehung sind dabei vielfältig. Durch Studien gut belegt ist eine grundsätzlich positive Wirkung auf Motivation, Emotionen, Lernverhalten und dadurch auch auf die Leistung von Schülerinnen und Schülern. Bei einem guten Verhältnis zu ihren Lehrerinnen und Lehrern brechen diese auch seltener die Schule ab. Und da auch Lehrkräfte ein Bedürfnis nach persönlicher Bindung haben, sorgt eine gute Beziehung zu Schülerinnen und Schülern auch bei ihnen für mehr Motivation und Freude am Beruf – auch dazu gibt es mittlerweile immer mehr Untersuchungen.

Was gehört zu einer guten Lehrer-Schüler-Beziehung?

Doch was genau ist mit einer guten Lehrer-Schüler-Beziehung eigentlich gemeint? Viele Faktoren spielen hier eine Rolle. Nähe, Wärme, Wertschätzung sind Schlagworte aus der Forschung. Es geht um das Gefühl sozialer Eingebundenheit durch sichere, positive Bindungen, die das Lernen begünstigen. "Man braucht keinen Kumpel als Lehrer, aber jemanden, der einen unterstützt und begleitet", sagt Bildungsforscherin Jaekel. "Wichtig ist zum Beispiel wie die Lehrkraft damit umgeht, wenn jemand einen Fehler macht. Putzt sie ihn runter oder lässt sie gar zu, dass er ausgelacht wird? Oder ist sie sensibel und ansprechbar, wenn jemand Hilfe braucht?"

"Man braucht keinen Kumpel als Lehrer, aber jemanden, der einen unterstützt und begleitet."

Bildungsforscherin Ann-Kathrin Jaekel

Letztlich zählt im Unterrichtsalltag alles auf eine gute Lehrer-Schüler-Beziehung ein, was aus dem Modell der drei Ba-

sisdimensionen guten Unterrichts als konstruktive Unterstützung bekannt ist: eine gute Feedback- und Fehlerkultur, respektvoller und wertschätzender Umgang miteinander, Ansprechbarkeit, Geduld, Empathie, individuelle Hilfe bei Verständnisproblemen. Auch Fairness spielt eine Rolle, denn das Lehrer-Schüler-Verhältnis bleibt ein hierarchisches. "Die Schülerinnen und Schüler sind in der schwächeren Position in dem Sinne, dass sie kaum Handlungsspielraum haben, wenn sie sich unfair behandelt fühlen", betont Jaekel.

Wie lässt sich eine gute Lehrer-Schüler-Beziehung aufbauen? Der Aufbau einer guten Lehrer-Schüler-Beziehung ist eine große Herausforderung für Lehrkräfte und setzt viel sozial-emotionale Kompetenz voraus. Lehrerinnen und Lehrer sollten aktiv daran arbeiten und dafür auch ihre eigene Bindungsgeschichte und Verhaltensweise reflektieren, so die Empfehlung aus der Unterrichtsforschung. Wenn sie beispielsweise mit Bloßstellen oder Sarkasmus auf unerwünschtes Verhalten von Kindern reagieren, könnte das darauf zurückzuführen sein, dass sie selbst in der Vergangenheit unsichere Bindungen erlebt haben und etwa mit Ablehnung nicht gut umgehen können. "Auch Humor oder Sarkasmus kann Kinder verunsichern, wenn sie ihn nicht verstehen", so Jaekel, "dessen muss man sich bewusst sein".

Die Bildungsforscherin weist zudem darauf hin, dass die Lehrer-Schüler-Beziehung nicht losgelöst von weiteren Merkmalen guten Unterrichts zu sehen ist. Ein gutes Klassenmanagement etwa werde als Voraussetzung dafür betrachtet, dass die Schülerinnen und Schüler konzentriert arbeiten können und sich überhaupt erst ein gutes, unterstützendes Klassenklima herausbilden kann. "Ein Grundstock an Disziplin und Störungsfreiheit und die klare Kommunikation von Aufgaben und Regeln helfen dabei, eine gute Lehrer-Schüler-Beziehung aufzubauen, weil die Lehrkraft dann nicht die ganze Zeit damit beschäftigt ist zu verhindern, dass ihr die Schülerinnen und Schüler auf der Nase herumtanzen", erklärt Jaekel. Störungen des Unterrichts und undiszipliniertes Verhalten der Schüler sind Studien zufolge auch Stressfaktoren für die Lehrkraft selbst. Sie können bei ihr zu emotionaler Erschöpfung und Demotivierung führen, was wiederum einer positiven Lehrer-Schüler-Beziehung im Wege steht.

Ann-Kathrin Jaekel

Zur Person

Ann-Kathrin Jaekel ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Hector-Institut für Empirische Bildungsforschung an der Universität Tübingen. Ihr Forschungsschwerpunkt ist das Thema Unterrichtsqualität. Sie hat Lehramt und Bildungswissenschaften studiert und mit einer Arbeit zur Nutzung von Schülerurteilen zur Erfassung von Unterrichtsqualität in Forschung und Schulpraxis promoviert.

Weiterführende Literatur

Aldrup, Karen, Klusmann, Uta, Lüdtke, Oliver, Göllner, Richard, Trautwein, Ulrich (2018). Student misbehavior and teacher well-being: Testing the mediating role of the teacher-student relationship. Learning and Instruction. Hagenauer, Gerda, Raufelder, Diana (2021). Lehrer-Schüler-Beziehung. Aus: T. Hascher et al. (Hrsg.), Handbuch Schulforschung, Springer Fachmedien. Jaekel, A.-K., Scheiter, K., & Göllner, R. (2021). Distance Teaching During the COVID-19 Crisis: Social Connectedness Matters Most for Teaching Quality and Students' Learning. AERA Open.

Über die Autorin

Nina Voigt

Redaktion Online-Magazin schulmanagement

Mit Freude unterrichten

Die Beziehung zu den Schüler/innen ist wichtig, aber. . .

Die Hattie-Studie (2007) hat bestätigt, was zuvor bereits viele andere Untersuchungen zeigen konnten: Der Lernerfolg steht und fällt mit der Lehrperson. Dabei ist zentral, dass es ihr gelingt, zu den Schüler/innen eine gute Beziehung aufzubauen. Wenn wir mit Lehrkräften über die Bedeutung der Beziehung sprechen, ernten wir stets Kopfnicken. Alle sind sich bewusst, wie entscheidend dieser Faktor ist. In den Pausen oder beim Mittagessen kommen jedoch stets die gleichen, etwas schüchtern vorgetragenen Einwände einzelner Lehrer/innen: «Ich habe 25 Lernende in der Klasse – ich weiß nicht, wie ich zu allen eine Beziehung aufbauen soll? Mir fehlt die Zeit dafür.» «Klar ist die Beziehung wichtig, aber ich bin Fachlehrerin und sehe die Schüler/innen nur ein paar Stunden pro Woche. Da ist es kaum möglich, eine Beziehung aufzubauen, oder nicht?» Wir möchten diese Gedanken gerne entkräften, denn: Sie stimmen nicht und führen dazu, dass Sie Ihre Position und Ihren Einfluss als Lehrer/in unnötig schwächen und den wichtigsten Faktor für den Lernerfolg dem Zufall überlassen. Ihre Schüler/innen bauen in jedem Fall eine Beziehung zu Ihnen auf. Wenn Sie Fachlehrerin sind, in Teilzeit arbeiten oder viele Schüler/innen haben, kann es gut sein, dass Sie nicht alle Schüler/innen auf einer persönlichen Ebene kennenlernen und eine Beziehung zu ihnen aufbauen können. Einige werden Ihnen bereits in den ersten Stunden auffallen, von anderen wissen Sie vielleicht nach einem Jahr lediglich den Namen. Der Denkfehler passiert da, wo Sie von sich auf die Schüler/innen schließen! Diese bauen in jedem Fall eine Beziehung zu Ihnen auf. Ihre Aufmerksamkeit verteilt sich auf 20 oder 25 Schüler/innen. Diese aber können sich ganz auf Sie konzentrieren. Sie können den Unterschied sofort nachvollziehen, wenn Sie auf der «Schülerseite» stehen. Denken Sie an die letzten Lehrerfortbildungen zurück: Die Person vorne ist nicht in der Lage, sich von allen Lehrpersonen ein Bild zu machen. Vielleicht spürt sie da und dort Widerstand oder Zustimmung. Ganz anders sieht es bei Ihnen und Ihren Kolleginnen aus. Sie wissen nach ein paar Lektionen, ob Sie die Referierende mögen, ob Sie sie als kompetent und glaubwürdig empfinden. Sie würden wahrscheinlich sogar sagen können, ob Sie die Dozentin oder den Dozenten als wertschätzend, einfühlsam oder im Gegenteil als blasiert oder distanziert empfanden. Wenn Sie die letzten drei oder vier Weiterbildungen gedanklich Revue passieren lassen und sich die Dozierenden in Erinnerung rufen: Könnten Sie sagen, mit welchen Sie gerne ein persönliches Gespräch über Ihren Unterricht führen würden? Bei wem Sie sich so wohl fühlten, dass Sie einem Unterrichtsbesuch nicht abgeneigt wären? Wem Sie ein konstruktives Feedback zutrauen würden? Und wem Sie keine Minute freiwillig Ihr Gehör schenken möchten? Wahrscheinlich schon. Sie können noch einen Schritt weitergehen. Denken Sie an ein Interview oder ein Buch, das Sie gelesen haben oder ein längeres Statement eines Talkshowgasts. Sie werden sofort bemerken, dass Sie diese Person zwar nicht persönlich kennen, aber sagen können, ob sie Ihnen sympathisch ist oder nicht und ob Sie – unabhängig von den Inhalten – von ihr lernen möchten. Sie können sich nicht entscheiden, ob Sie eine Beziehung zu Ihren Schüler/innen aufbauen – sondern nur, ob Sie diese aktiv mitgestalten oder dem Zufall überlassen. Womit wir bei der zweiten Frage sind. Soll ich als Lehrperson die Beziehung zu den Schülerinnen bewusst gestalten? Wenn wir über diesen Punkt sprechen, begegnen uns in Fortbildungen oft weitere Bedenken. Lehrpersonen sagen beispielsweise: «Muss ich mich jetzt bei den Schüler/innen einschleimen?» «Ich finde, man muss authentisch bleiben.» «Ich will die Schüler nicht für jeden Mist loben müssen!» Aber geht es wirklich darum, wenn wir eine Beziehung zur Klasse aufbauen möchten? Ums schleimen, sich verstellen

und loben? Schüler/innen wollen ganz andere Dinge von ihren Lehrkräften. Sie wollen genau das Gleiche wie Sie als Lehrer/in in einer Fortbildung. Sie möchten jemanden dort vorne, der oder die: echt ist

einen wertschätzenden Umgang pflegt

sich einfühlen kann

die Klasse ernst nimmt, an deren Wohlbefinden interessiert ist und sie mitreden, vielleicht sogar mitentscheiden lässt den Schüler/innen etwas zutraut

die Schüler/innen sieht, dort abholt, wo sie stehen, und Forderungen stellt, die die einzelnen Kinder oder Jugendlichen mit Anstrengung erfüllen können

Respekt nicht nur einfordert, sondern auch zeigt

Humor hat

fair ist.

Sie müssen kein quasi-therapeutisches Gespräch mit den Schüler/innen führen, um für einen guten Draht zu sorgen. Es sind die kleinen Dinge im Alltag, die ins Gewicht fallen. Und Sie müssen nicht das gesamte Repertoire der Beziehungsgestaltung beherrschen: Sie können sich auf das fokussieren, was Ihnen leicht fällt und sich natürlich anfühlt – und auf diese Aspekte bewusst mehr Wert legen.

Mit kleinen, alltäglichen Handlungen eine Beziehung aufbauen und stärken

Herr Dachs Nehmen Sie sich einen kurzen Moment Zeit und denken Sie an Ihre Schulzeit zurück. Zu welchen Lehrpersonen sind Sie gerne in den Unterricht gegangen? Wieso? Was hat diese ausgezeichnet? Wenn wir diese Frage in Lehrerkollegien stellen, werden meist die oben aufgezählten Punkte genannt. Sogar wenn wir fragen, bei welchen Lehrpersonen sie viel gelernt haben und wieso, wird kaum auf die Didaktik eingegangen (sie hat viel Gruppenarbeit gemacht etc.), sondern immer wieder auf die Beziehung verwiesen. Es lohnt sich, dieser Fragen nachzugehen. Sie rufen sich damit lebendige und vertraute Beispiele in Erinnerung, von denen Sie sich etwas abschauen können. Mir, Fabian, fallen dazu viele Beispiele aus meiner eigenen Schulzeit ein. Du bist willkommen. Ich sehe dich und nehme dich an, wie du bist. Ich war ein sehr verträumter Schüler. Aufgrund mangelnder Schulreife besuchte ich ein zusätzliches Jahr den Kindergarten. Trotzdem ist mir von der Kindergärtnerin nichts anderes in Erinnerung geblieben als ihr strenger Blick und die Frage: «Fabian! Hörst du zu?!» Ganz anders war meine Erst- und Zweitklasslehrerin. Ich war so blockiert, dass ich mich im ersten Schuljahr weigerte, zu lesen. Sie ließ mir Zeit. Wenn ich in Tagträume abdriftete, sagte sie in leisem, warmem Ton meinen Namen – ohne Kritik. Wenn ich aufpasste, lächelte sie mich an. Ich fühlte mich wohl und konnte mich mehr und mehr entspannen und mich dem Unterricht zuwenden. Ihre Haltung war klar, nämlich:

Ich sehe dich

Hier bist du sicher und darfst dich entspannen

Du machst das in deinem Tempo – ich freue mich, wenn du

aufpasst und sehe es dir nach, wenn es mal nicht so ist

Zeig mal, was hast du da gemacht?

Während sich mein Viertklasslehrer an meinen Aufsätzen und meinen “komischen Fantasien” störte, mochte mein Fünftklasslehrer genau dies. Im Kunstunterrichts bei ihm zeichneten meine Mitschüler Blumen, Vasen und Häuser. Mein bester Freund und ich brachten hunderte von winzigen Strichmännchen zu Papier, die allerlei komische und witzige Dinge erlebten. Er ärgerte sich nicht darüber, dass wir «den Auftrag falschen verstanden» hätten und ließ sich geduldig und belustigt die Zeichnungen erklären. Meine Aufsätze erzielten aufgrund der vielen Rechtschreibfehler zwar keine Glanznoten, aber er gestand mir, dass er sie zu Hause in einem Ordner sammelt, weil er sie originell findet. Bei ihm hatte ich immer das Gefühl, dass es wichtigeres gibt als Noten und Anpassung. Zum Beispiel Kreativität und Humor.

Mir gefällt dein Einsatz!

Als ich aufs Gymnasium wechselte, war ich der Einzige, der kein Instrument spielte. Bereits die erste Prüfung geriet deshalb zum Desaster. Der Musiklehrer ließ ein Klassikstück ertönen, wozu wir im Anschluss Fragen beantworten sollten: zu Rhythmus, Melodie, Instrumenten. Alle erzielten in diesem Test die Note "gut" oder "sehr gut". Ich hatte eine "Mangelhaft" und wurde von zwei Klassenkameraden deswegen aufgezo-gen. Völlig frustriert ging ich nach Hause. Auf dem Esstisch lag ein Brief – für mich! Darin stand: Lieber Fabian, es hat mir so leidgetan, dass ich dir so eine schlechte Note geben musste. Ich möchte, dass du weißt, wie sehr ich dich schätze und wie gerne ich es sehe, dass du im Unterricht so gut mitmachst. Ich hoffe, wir haben es beide weiterhin so gut miteinander. Dein Singlelehrer

Was soll ich sagen? Natürlich hatten wir es gut miteinander! Er hatte zwei Jahre lang einen sehr schlechten, aber begeisterten Schüler in seinem Unterricht. Wir hatten auch Lehrer/innen, die bei falschen Antworten wütend wurden und herablassende Kommentare von sich gaben. Von meinem Singlelehrer habe ich gelernt, dass sich auch «schwache» Schüler im Unterricht wohl fühlen können, wenn ihnen klar vermittelt wird, dass die Lehrperson zwischen der Leistungs- und der Beziehungsebene trennen kann.

Wer bist du und was interessiert dich?

Mein Biologielehrer am Gymnasium hatte eine sehr zeitsparende Methode, den Unterricht vorzubereiten: Er verzichtete praktisch darauf. Wir lasen gemeinsam Abschnitt für Abschnitt im Biologiebuch und sprachen darüber. Ab und zu erläuterte er etwas ein wenig genauer an der Tafel. Etwas Besonderes waren seine Prüfungen, bei denen man sehr viel nachdenken musste und die auf den Zehntel genau bewertet wurden. Eine 6 (die beste Note in der Schweiz) zu schaffen, war fast unmöglich, eine 5.8 oder 5.9 ein wahrer Triumph. Zu seinen Prüfungen meinte er mit breitem Grinsen: «Ich finde immer etwas, das ihr nicht gelernt habt!». Wir mochten den Kerl. Das lag unter anderem daran, dass er immer so aussah, als hätte er es nicht eilig. War die letzte Schulstunde Biologie, blieb meist ein kleines Grüppchen noch mit ihm im Zimmer. Wir setzten uns auf die Tischplatte eines Pults der ersten Reihe, er blieb auf seinem Drehstuhl vorne sitzen und wir plauderten über Gott und die Welt. Von ihm habe ich gelernt, wie wichtig es ist, dass man als Schüler gesehen und als gan-zer Mensch wahrgenommen wird – und dass es manchmal wertvoller sein kann, etwas Zeit für die Beziehungspflege als für eine allzu akribische Vorbereitung aufzuwenden.

Guten Morgen, Fabian

Wie begrüßen Sie Ihre Schüler/innen am Morgen? Mehrere unserer Lehrer/innen hießen uns mit einem Händeschütteln willkommen. Sie standen an der Tür, schauten einem in die Augen, sagten etwas wie «Guten Morgen, Fabian»

und manchmal bemerkten sie sogar, dass man die Haare geschnitten hatte, man nicht so gut drauf war oder besonders fröhlich wirkte. Studien aus dem Classroom-Management zeigen, dass Lehrpersonen, die ihre Schüler/innen persönlich begrüßen, weniger Disziplinprobleme haben also solche, die eher mit sich und ihren Materialien beschäftigt sind, bis der Unterricht beginnt oder sich als Allererstes darüber aufregen, dass zwei zu spät sind, bevor sie die begrüßen, die pünktlich waren.

Schade, dass du dich nicht für mein Fach interessierst – und ich mag dich

Mathematik interessierte mich am Gymnasium nicht im mindesten. Differential- und Integralgleichungen zu lösen, erschien mir so ziemlich das Sinnloseste zu sein, womit man sich beschäftigen kann. Im Unterricht hörte ich selten zu und bei der Matura (Abitur) achtete ich darauf, dass meine Vornoten und die Zensuren in den anderen Fächern so gut waren, dass ich in Mathematik ein leeres Blatt abgeben konnte. Ich schrieb lediglich einen kurzen Text für meinen Lehrer, weil ich ihn wissen lassen wollte, dass ich zwar nichts für die Prüfung gelernt hatte, ihn aber stets als fairen und guten Lehrer empfand. Vor der Zeugnisvergabe meinte er zu mir: «Du, ich hatte bereits Angst, dass du wegen Mathematik nicht durchkommst – aber ich habe gesehen, dass du zum Glück in den anderen Fächern sehr gut warst.» Er freute sich für mich. Manchmal fühlen wir uns als Lehrperson zu verantwortlich für die Motivation und das Interesse der Schüler/innen – und reagieren entsprechend gekränkt, verunsichert oder verärgert, wenn sich ein Lernender nicht für unser Fach begeistern kann. Mein Mathematiklehrer gestaltete den Unterricht so motivierend wie möglich und wusste, dass er dennoch nicht alle erreichen kann – und er schaffte es, die Beziehungsebene und das Interesse an den Inhalten auseinanderzuhalten.

Wer sind Ihre Vorbilder?

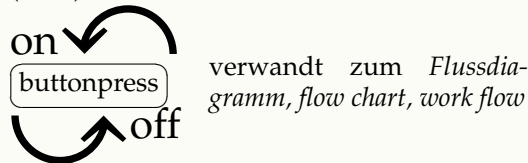
Wir könnten noch viele Beispiele erwähnen. Vielleicht haben Sie sich in der einen oder anderen Lehrperson wiedergefunden? Oder etwas entdeckt, worauf Sie ebenfalls mehr Wert legen möchten? Vielleicht sind Ihnen eigene Vorbilder und Beispiele eingefallen, an denen Sie sich vermehrt orientieren möchten? Wenn Lehrpersonen uns fragen, wie sie mit «schwierigen» Schüler/innen umgehen können, bitten wir sie oft, sich als Teil der Unterrichtsvorbereitung jeweils kurz zu überlegen, wie Sie dieser Schülerin/ diesem Schüler heute ein positives Beziehungssignal senden könnten. Das kann ein Lächeln oder Nicken im richtigen Moment sein, eine positive Rückmeldung zu einem Aspekt, der ihm oder ihr schwerfällt, eine persönliche Bemerkung oder ein kurzes Gespräch über etwas Außerschulisches. Oft berichten uns die Lehrpersonen, dass sie schon bald eine Veränderung bei diesem Kind feststellen konnten und sich die Situation entspannt hat.

10 Glossar

liebe Leserin, lieber Leser, Du musst selber erkennen, welcher der Einträge ernst gemeint ist (**schmunzelgrins**).

AD activity diagram (UML)

Vorgänge (activities) in Ovalen, Zustände (state) sind Pfeile.



BD Blockdiagramm (nicht UML)

BTL Bridge Tied Load = Brückenschaltung (zB. H-Brücke)

CD component diagram (UML)

CLI CommandLineInterpreter

DD deployment diagram (UML)

ER entity-relation modell/method (nicht UML)

ES Embedded System

GP General Purpose (zB. GP-Processor, GP-OS)

GP-OS General Purpose OS, siehe 'MP-OS'

GUI Graphical User Interface (icons to 'klick')

KD class diagram, Klassendiagramm (UML)
(heisst in UML eigentlich *static structure diagram*)

MMU Memory Management Unit, Hardware
f. Virtual Memory Management (VMM),
≙ der 'Adress-Bscheisser'

MP-OS Multi-Purpose OS, allgemein verwendbares OS ohne Spezialisierung; zB. die verbreiteten Desktop-OS von M\$, Apfel, Google, Sisko, Opensoars.

OS Operating System; Software, die bei Programmwechsel im Rechner- Arbeitsspeicher verbleibt und oft erforderliche Funktionen bereitstellt

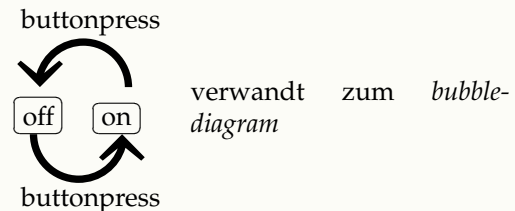
PEMDAS Rechenregel "Pleas Excuse My Dear Aunt Sally" steht für 'Parenthesis before Exponentiation, Multiplication, Division, Addition, Subtraction'

RT Real Time, dt. Echtzeit (im Gegensatz zu Simulationszeit: zB. 5ns Schaltungssimulation dauern 2 Sekunden Berechnungszeit; zB. Kino-Spielfilm dauert 3 Std und zeigt einen Zeitraum von 6 Jahren)

RTOS Ein OS, welches Real Time stark beachtet, indem es genaue Zeit und Timer bereitstellt sowie Task/Thread-Prioritäten und -Scheduling umsetzt. Ein RTOS ist umso RT, je rascher (Latenz, latency) sein Taskmanager (Scheduler) auf Ereignisse (Timerablauf, Inputsignale) reagiert. (ein MP-OS beachtet RT-Erfordernisse erst, wenn der Prozess sowieso *an der Reihe* ist)
Eine dazulink-Library wie zB. 'RTuinOS' ist jedenfalls kein RTOS, weil es ja nicht einmal ein OS ist.

Std statechart diagram, Zustandsdiagramm (UML)

Vorgänge (activities) sind Pfeile, Zustände (state) in Ovalen.



SqD sequence diagram (UML)
(des mit di Objekt-Lebenslinien)

UCD use-case diagram (UML)
(des mit di Strichmandln)

UI User Interface

VFS Virtual File System

VMM VirtualMemoryManagement
= MMU+Auslagerung(swapping)

AAK alles alter Kas

Abfallflanke, fallende Flanke falling edge

Algorithmus von 'al-Chwarizmi', latinisiert Algorismi (geboren um 780; gestorben zwischen 835 und 850), war ein choresmischer Universalgelehrter, Mathematiker, Astronom und Geograph während der abbasidischen Blütezeit im Frühmittelalter. Er stammte zwar aus dem zentralasiatischen Choresmien, verbrachte jedoch den größten Teil

seines Lebens in Bagdad und wirkte dort im "Haus der Weisheit", der berühmten Hochschule von Bagdad. Von seinem Namen leitet sich der Begriff '**Algorithmus**' ab. Chwarizmi, der sich mit Algebra als elementarer Untersuchungsform beschäftigte, gilt als einer der bedeutendsten Mathematiker. Auch leistete er bedeutende Beiträge als Geograph und Kartograph, dies auch durch Übersetzungen aus dem Sanskrit und dem Griechischen.

Anstiegsflanke, steigende Flanke rising edge

Arbeitspunkteinstellung biasing

Ausschalt-Verzögerung turn off delay t_d, off

Auslieferungszustand klassisch: Zustand in dem eine Sache ausgeliefert wurde. Heute, im Softwarezeitalter: Zustand des dem Software-Hersteller ausgeliefert seins...

bleeder resistor Lastwiderstand zum "ausbluten" = entladen nach Trennung der Energiezufuhr

coprime relativ prim

cnt count (Zählerstand)

ctr counter (Zähler)

cvtr converter (Wandler)

Differential von the derivative of

Durchlaufzeit propagation delay (time) t_d

differenzieren, ableiten derive, differentiate

eddy current Wirbelstrom (eddy = Wirbel)

Einschalt-Verzögerung turn on delay t_d, on

inductive kickback Selbstinduktion

Lastenheft Das Lastenheft (teils auch Anforderungsspezifikation, Anforderungskatalog, Produktskizze, Kundenspezifikation oder englisch Requirements Specification genannt) beschreibt die Gesamtheit der Anforderungen des Auftraggebers an die Lieferungen und Leistungen eines Auftragnehmers. Es ist z. B. im Software-Bereich das Ergebnis einer Anforderungsanalyse und damit ein Teil des Anforderungsmanagements.

Das Lastenheft kann der Auftraggeber in einer Ausschreibung verwenden und an mehrere mögliche Auftragnehmer verschicken. Mögliche Auftragnehmer erstellen auf Grundlage des

Lastenheftes ein Pflichtenheft, welches in konkreter Form beschreibt, wie der Auftragnehmer die Anforderungen im Lastenheft zu lösen gedenkt. Der Auftraggeber wählt dann aus den Vorschlägen den für ihn geeignetsten aus. Die Anforderungen in einem Lastenheft sollten durch ihre Formulierung so allgemein wie möglich und so einschränkend wie nötig formuliert werden. Hierdurch hat der Auftragnehmer die Möglichkeit, optimale Lösungen zu erarbeiten, ohne durch zu konkrete Anforderungen in seiner Lösungskompetenz eingeschränkt zu sein.

Im Rahmen eines Werkvertrages oder Werkliefervertrages und der dazugehörigen formellen Abnahme beschreibt das Lastenheft präzise die nachprüfbar Leistungen und Lieferungen.

Lastenheft Quelle: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=127249582> Bearbeiter: Abubiju, Afrank99, Aggi, Ahellwig, Alexanderstohr, Arx, Avron, Axel Naumann, BJ Axel, BK, Borobo, Complex, Croesch, Diba, Edoe, Enno76, Eventkultur, Filzstift, Fisra, Fish-guts, Fladi, Flo 1, Gerbil, Gerhard de, Ghw, Giftmischer, Goliath613, HaSee, HaeB, Haeber, Hardenacke, He3nry, Hippospie, Holmium, Howwi, Igelball, Ines.lehmann, J.Ammon, Jü, Kaninchenohr, Kgfleischmann, Kku, Koppi2, LKD, Leiblachtaler, Logograph, Lohan, Louis Bafrance, Ma-Lik, Markobr, Marrci, Martin1978, Meinungsfreiheit, Methossant, MyBenutzername, Niemeyerstein, Nirakka, Oerho, Ot, Pallasathena, Peter200, Pittimann, Polluks, ProfessorX, Quedel, RacoonRE, Roo1812, Saehrimmir, Sascha Claus, Scooter, Se4598, Semper, Siehe-auch-Löscher, Softsheep, Sparti, Spuk968, Sterling, Tambora, Tango8, Tkarcher, Tobias K., Ucc, Udm, Ute Erb, VÖRBY, WAH, WIKImaniac, Westiandi, WhiteCrow, Wiki-observer, Wiki4you, Xwolf, Yotwen, 177 anonyme Bearbeitungen

Pflichtenheft Das Pflichtenheft beschreibt in konkreter Form, wie der Auftragnehmer die Anforderungen des Auftraggebers zu lösen gedenkt – das sogenannte wie und womit. Der Auftraggeber beschreibt vorher im Lastenheft möglichst präzise die Gesamtheit der Forderungen – was er entwickelt oder produziert haben möchte.

Erst wenn der Auftraggeber das Pflichtenheft akzeptiert, sollte die eigentliche Umsetzungsarbeit beim Auftragnehmer beginnen.

Pflichtenheft Quelle: <http://de.wikipedia.org/w/index.php?oldid=127249625> Bearbeiter: 1-1111, A.Savin, APPER, Abubiju, Aggi, Aka, Alnilam, Alraunenstern, Andre Riemann, Andreas 06, Andruil, Antimaterie, Astrofreund, Avron, BJ Axel, Batty, Benatrevqre, Bernburgerin, Bernd vdB, BuC-Projekt, Christian Specht, ChristophDemmer, D. DasBee, Dberlin, Deki, Der.Traeumer, DerHexer, Diba, Draehgr01, Dundak, Engie, Eventkultur, Exoport, Felix Stember, Fleshgriinder, Flominator, Frasta, Friedemann Lindenthal, GDK, GNoxis, GS, Gerbil, HaeB, Haeber, Heidenodawas, Howwi, Hybridbus, Istandil, Iste Praetor, Jergen, Jpp, Jü, Kku, LKD, Luigi bosca, Lupussy, Ma-Lik, Marrci, Methossant, Michaki, Mnh, Morten Haan, Mps, MyBenutzername, Mühsam, Niemeyerstein, Nina, Nocturne, O.Koslowski, Oerho, OeherAlemanne, Ot, Pajz, PeterFrankfurt, Pittimann, Pmatu, Ra'ike, Regi51, RichiH, Roo1812, STBR, Saehrimmir, Saenger84, Saibo, Sallynase, Schandi, Schusch, Sechmet, Sinn, Softsheep, Sparti, Spuk968, Staro1, Stefanobasta, Stern, Tambora, Terrestria, The-Me, Thomas Springer, Thomasxb, Thornard, Tivi, To-fra, Totschläger, Traxer, UlrichJ, Umweltschützen, Uwe Keim, WAH, WIKImaniac, Wahldresdner, Westiandi, WhiteCrow, Wiki-observer, Xorx, YMS, YourEyesOnly, Zahnradzacken, Zeit ist unendlich, 225 anonyme Bearbeitungen

Betriebswirtschaft keine Ahnung, aber sicherlich keine wissenschaftlich professionelle Form von organisierter Geldgier.

benutzerfreundlich inhaltslose Floskel ohne jeden Aussagewert. *Benutzerfreundlichkeit* ist zwar gut, aber man weiss nicht, was es ist. Es gibt keine Maßeinheit (Liter?) und keine Messmittel — BenutzerfreundlichkeitsMESSGERÄTE sind unbekannt!

übersichtlich saubermännische Schönrede des eigenen Sauhaufens.

selbsterklärend schwächstmögliche Ausrede für die eigene Unfähigkeit zu Planung, Protokollierung, Berichterstattung und Unkenntnis jeglicher Entwurfs- u. Darstellungsmittel.

irgendwie meta-sprachliche Variable, die zum Ausdruck bringt, dass man keine Ahnung hat.
bei Mediziner*innen auch

ma kunnt probieren ...

miassma schauen ...

etwas auch Sprachvariable, vgl. *Ding*, *Zuig*, *Plunder*, *Kram* usw.

pro lateinisch 'für', 'nach vorn'/'voraus' zB. programm: für später beschrieben, pro-jektor: nach-vorne-werf-Gerät das pro-cedere: das Vorgehen, pro-cess: voran schreiten progress: voraus-schreitend (fortgeschritten)

post lateinisch nachher, im Nachhinein, zB. post mortem: nach dem Tod, post meridiem: nach Mittag

pre lateinisch 'vorher' zB. pre-judiz: Vorurteil, pre-potent: überheblich

Halbleiter halbierte Leiter;
auch: Unzureichend fähige Person in leitender Funktion
in Chemie/Physik: Chemische Elemente in der Haupt-Diagonale des Periodensystems der Elemente von H bis Te (H, B, Si, Ge, As, Sb, Se, Te); sie können sich sowohl als Metalle als auch Nichtmetalle "*benehmen*" (zB. H als H_3O^+ oder OH^- , C als Diamant oder Graphit).

Scheißhausparole gerne geglaubtes, aber unwahres Gerücht. Den Ausdruck hat mir ein mehrjährig im Ural kriegsgefangener Nachbar vor 25 Jahren beigebracht; sie nannten das Gerücht *morgen kommen wir nach Hause* eine "Scheißhausparole", mglw. deshalb, weil nur im Klo heimliches Weitersagen möglich war.

Datenkapsel data encapsulation

Datenbanknormalisierung data base normalization, schrittweises DB-Entwurfs-Verfahren

Ding In der allgemeinen Technik und besonders der Elektronik unverzichtbares *Zuig* zur Verwendung für *Eppas*. Metasprachliche Variable also.

Dings 1. Ungenaue (populärwissenschaftliche) Beschreibung eines *Ding* (s.o.)
2. Person ohne Identität (*Herr/Frau Dings*, *du weißt schon...*)

Bei Ertönen des Wortes *Dings* wissen alle sofort "*ah, das ist ein gut ausgebildeter, kompetenter Techniker, der kennt die Fachausdrücke*"

dB-Ding tatsächlich für das *Spektroskop* gebrauchter Fachausdruck eines Maturanten 2012/13

DA Diplomarbeit (bei uns zur Erlangung der techn. Berufsreife und des Titels "Ingenieur")

da lokalitätsbezogene Präzisierung eines *Dings* (ein *Dingsda*)

DS Diplomschrift - das schriftliche Dokument zu einer DA

Zuig Zeig

Zeig Zeug

Zeug auch metasprachliche Variable (*Wildcard*)

Eppas etwas

Diode weibliche Form von Ding mit zwei Anschlüssen.

Triode weibliche Form von Ding mit drei Anschlüssen.

Tetrode weibliche Form von Ding mit 4 Anschlüssen.

Pentode weibliche Form von Ding mit 5 Anschlüssen.

Hexode weibliche Form von Ding mit 6 Anschlüssen.

Heptode weibliche Form von Ding mit 7 Anschlüssen.

Oktode weibliche Form von Ding mit 8 Anschlüssen.

ampelifier control circuit for traffic lights

Elektrohnik Stromsucherei ohne Oszilloskop

Elektroniker ohne Oszilloskop elektrischer Ochs ohne Aussicht.



Elektronikerin undiskriminiertes Gegenteil von Elektroniker

IC Integrated Circuit

IP intellectual property

IP intrusion protection

IP internet protocol

IoT Internet-of-Things

IoE Internet-of-Everything (im Ernst - is ka Scherz!)

VHDL *VLSI Hardware Description Language*, aber auch *very high speed Hardware Description Language* oder:
very high speed integrated circuit hardware description language
Anscheinend einer der Fälle, wo die Abkürzung geläufig, aber keine Bedeutung bekannt, wie etwa auch bei *GNU*, *PHP*, ...

VLSI very large scale integration

FPGA Field Programmable Gate Array
super Ding! Vor allem, wenn man es selber programmieren kann.
Zurzeit werden der Reihe nach Scheckkartengrosse (ca. 80mm X 60mm) Kleinstcomputer-Boards mit in FPGA geflashten ARM-CPU's und Linux-OS entwickelt, etwa *RaspberryPi*, *BeagleBone* oder *redPitaya*.
Besonders rechenintensive Aufgaben löst man vorteilhaft als ins FPGA *geflashte*, hardwaremäßige Rechnerstruktur.

geistige Fußgänger Denkgeschwindigkeit << 5km/h

Beeinträchtigung ≠ Eintracht

schreckhaft ≠ schrecklich

Dame ≠ dämlich ≠ damisch

Heim ≠ heimlich ≠ unheimlich

wie sagen kleine griech. Mathematiker, wenn sie aufs Klo müssen?:
- " **α** , **α !**"

Milestone (mile stone)

Termin

++plus++

Produkt

++plus++

Testplan

Es genügt nicht, mit ein oder zwei Worten nur einen unklaren Fertigungsgrad zu einem Test-Termin zu umschreiben, und sich dann niemand weiter darum kümmert. (Das wird in Fachkreisen "*Qualität hineinprüfen*" genannt)

Nein.

Es ist festzulegen, wer die Einhaltung feststellt, exakt wie die Prüfung zu erfolgen hat (idealerweise mit Messgeräten gemäß Testplan), was mit den Mess-/Prüfergebnissen geschieht, und wie es dann weiter geht (bes. bei Fehlerfeststellungen).

Diplomarbeitkandidaten melden gern *ich bin schon fast fertig* (wenn sie 29 Seiten Quatschtext zammkopiert haben und meinen, 30 zu brauchen). Was heißt das? Wieviel Prozent ist *fertig*? → Definitiv heißt das gar nichts! Die einzige quantitative Definition von *fast* ist mir aus der Mathematik mit *fast alle = es gibt eine endliche Anzahl von Ausnahmen* bekannt.

Serverraumgestaltung server room design

Specs specifications, geforderte bzw. gewährleistete Spezifikationen; meist Kenndaten, Leistungswerte o.dergl. ... *meet the specs*. ...

uC micro controller; Intel hatse zerscht *single chip computer* genannt. Deutsche Schreibweise: Mikrokontroller (bei Siemens gelesen; klingt mE. wie *Speckkneydl*)

Arduino is ka uC; es is a ganzes Modul und ausserdem ham die nuijen ARM-Dinger drauf mit so Linux-OS, richtige *cruncher* also.

UndiXH wollt zerscht a selbergmachtes uC-Board; ez weiss i nimmer. ...

number cruncher rechenleistungsfähige Prozessoren oder Computer

7seg Sieben-Segment-Anzeige (die haben incl. Dezimalpunkt 8 Segmente :-)) (Bezugsquelle: Vor Jahren haze der Neuhold mal billig verramscht; iseh grad, dass der Krempel allmno 10 Stk um 2.50€ una vierstellige um 50 Cent verklopft; und 2x16 nachschmeiss-LCD's; wenn Ihr zagzag a Sammelbestellung organisiert, hapzase next week) (se ham nix organisiert)

coarse heißt *grob*; grob einstellen (*coarse tuning*)

fine ist dann die *Feineinstellung* (*fine tuning*); der fein-einstell-Regler heißt auch *vernier*

Ersatzschaltbild zusammenfantasierte Schaltung zur Berechnungs-Vereinfachung: Was die Signal-Verarbeitung beeinflusst, wird durch <i>lineare</i> Bauteile ersetzt (wir behaupten: " <i>Signale sind so klein, dass der benutzte Teil auch nichtlinearer Bauteilkennlinien so gut wie gerade, also linear, wirken</i> ") ALLES ANDERE lässt man eiskalt weg!	PoE Power over Ethernet
nested loop verschachtelte Schleife	PoL Point of Load - Spannungs-/Stromregler werden nahe zum Verbraucher (load) angeordnet
Sitzredakteur wenn Medien mit widerrechtlich erworbenem Material viel Geld verdienen, aber trotzdem kaum gestraft werden wollen, dann bezahlen sie einen Arbeitslosen oder Sandler dafür, dass er offiziell als Redakteur auftritt und dann eben <i>einsitzen</i> geht. So nennt man ihn "Sitz-Redakteur". fällt mir grad ein, weils im BC bringen, dassma em Schumi die Krankenakte gestohlen hat.	PS power supply - Stromversorgung
Schneewittchen engl. ' <i>snow white</i> '	PS PostScript Drucker-Sprache (Programmiersprache!)
ab und zu engl. ' <i>every then and now</i> '	SM stepping motor - Schrittmotor
ewig engl. ' <i>forever and 3 days</i> '	SM Synapsen-Matrix
DFT discrete fourier transform	SMP symmetrical multiprocessing
FFT fast fourier transform, runtime optimized DFT algorithm (for 2 ⁿ sized signal sample blocks only)	SMPS switched mode power supply - Schalt- netzteil
DSP digital signal processing	SPS engl.'PLC' programmable logic control (speicherprogrammierbare Steuerung)
GP general purpose	Tastverhältnis duty cycle (bei PWM pulse width modulation, zB.f.→SMPS)
MP multi processing	Aufwand etwas Aufwendiges (oder Aufwändiges?)
PDF portable document format, (Programmiersprache!)	Gemse gemsige (oder gämsige? oder gamsige?) Gams
PLC programmable logic control	Betreuling betreute Person oder PersonIn
PLC powerline communication, HF via unabgeschirmte, unsymmetrische Stromleitungen mit naturgemäß immenser Störproblematik	Prüflinge zu prüfende Personen, PersonInnen oder Dinge
	Kandidatling Kandidat oder KandidatIn
	Tischling Tischler oder TischlerIn
	Frischling schweinisches Baby
	verschachtelte Schleife nested loop
	Verzögerungszeit delay time, Gatterlaufzeit: propagation delay
C und kleinweich trenn sofort das SHARP vom C ...	
some BJT Ein Widerstand am E-Anschluss spart dir den Verbrenn-Verdross	
kurz und schluss Die Story mit der Batterie ...	

11 ©copyrights, Haftungsausschluss

©Copyrights by ©F.Klingler KN, ©M.Signitzer SM, ©R.Salvador SV, ©G.Schlemmer XM, ©C.Schönherr XH, ©A.Stumpf YU, ©G.Steinwender YW

Die Angaben in diesem Dokument sind ohne Rücksicht auf Patentschutz oder Urheberrechte angeführt, und die Verwendung ist ausschliesslich auf den Schulunterricht an der HTL Innsbruck Anichstraße zur Verwendung als Diskussionsgrundlage in den unterrichteten Klassen eingeschränkt; eine andere Nutzung, gewerbliche Nutzung, Verbreitung, Veröffentlichung, Wiederveröffentlichung u.dergl. ist untersagt und widerrechtlich. Warennamen, Produktbezeichnungen, Logos, Abbildungen, Zitate u.dergl. sind ohne Gewährleistung freier Verwendbarkeit angeführt. Es wird mit äusserster Sorgfalt vorgegangen, was jedoch Fehler und Irrtümer leider nicht ausschließt, für deren Folgen keine wie immer geartete juristische Verantwortung oder Haftung übernommen werden kann. Ich erkläre den Inhalt dieses Dokuments jedem Zeitpunkt nach der Erstellung als widerrufen und gegenstandslos. Die Gestaltungen und Ausführungen sind in jeder rechtlichen Hinsicht bzgl. deren Ernsthaftigkeit insgesamt als frei und wirt zusammenphantasierte, unwahre, unreflektierte, inhaltlich unsinnige sprachliche Kunstwerke zu betrachten. Alle Rechte incl. fotomechanischer oder elektronischer Wiedergabe, Speicherung oder Übertragung vorbehalten.

Angaben nach TDG (Teledienstgesetz)

Verantwortlich für den Inhalt: XH

Schutzrechte: Die Verwendung von grafischen Elementen dieser und aller meiner Werke und Auftritte in elektronischen und nichtelektronischen Medien ist nur mit meiner ausdrücklichen schriftlichen Zustimmung erlaubt. Sämtliche Urheber-, Schutz- und sonstige Nutzungsrechte liegen bei mir. Dies gilt nicht für Texte, Grafiken und Bilder, die mir freundlicherweise zur Verfügung gestellt wurden. Hier gilt das Urheberrecht des jeweiligen Verfassers uneingeschränkt. Alle Rechte vorbehalten.

Rechtliche Hinweise: 1. Urheberrecht: Meine Werke und Auftritte genießen urheberrechtlichen Schutz. Insbesondere Vervielfältigungen, Übersetzungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in anderen elektronischen Medien sind urheberrechtlich geschützt. Nachahmung und Verwertung - auch auszugsweise - sind nur mit meiner schriftlichen Genehmigung statthaft. Inhalte und Strukturen sind urheberrechtlich geschützt. Die Vervielfältigung von Informationen oder Daten, insbesondere die Verwendung von Texten, Textteilen oder Bildmaterial, bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung. Die Abbildungen genießen den Schutz des § 72 UrhG. Die Veröffentlichungs- und Vervielfältigungsrechte liegen bei mir. Die Rechte bleiben auch in vollem Umfang bestehen, wenn Bilder elektronisch oder händisch in ein Archiv übernommen werden. 2. Haftungsausschluss für Seiten/Darbietungen Dritter: a. Die Werke und Auftritte enthalten auch Verknüpfungen (sog. "Hyperlinks") zu Werken und Websites im Internet, die von Dritten gepflegt werden und deren Inhalte mir nicht bekannt sind. Ich vermittele lediglich den Zugang zu diesen und übernehme keinerlei Verantwortung für deren Inhalte. Meine Links auf fremde Werke und Internetseiten dienen lediglich zur Erleichterung Ihrer Navigation. Ich mache mir die auf verwiesenen/verlinkten Werke und Auftritte dargestellten Aussagen nicht zu eigen. Insbesondere hafte ich nicht für dort begangene Verstöße gegen gesetzliche Bestimmungen und Rechte Dritter.

b. Die Inhaber der Werke und Internetseiten, zu denen über die von mir erstellten Werke und betriebenen Internetauftritte Hyperlinks bestehen, sind sowohl für deren Inhalt als auch für den Verkauf der dort angebotenen Produkte und die Abwicklung der Bestellung allein verantwortlich. c. Ich hafte nicht für die Verletzung von Urheberrechten, Marken und Persönlichkeitsrechten, die auf einer mit einem Hyperlink versehenen Seite begangen werden. d. Im Falle einer Bestellung kommt lediglich ein Vertrag zwischen dem Nutzer und dem jeweiligen Inhaber der Internetseite bzw. dem dort präsenten Anbieter, in keinem Falle jedoch aber ein Vertrag zwischen mir und dem Nutzer zustande. Bitte beachten Sie die allgemeinen Geschäftsbedingungen des jeweiligen Anbieters der verlinkten Internetseite.

3. KEINE ABMAHNUNG OHNE KONTAKTAUFNAHME: Sollte irgendwelcher Inhalt oder die designtechnische Gestaltung einzelner Angebotsseiten oder Teile dieses Angebots/Werks fremde Rechte Dritter oder gesetzliche Bestimmungen verletzen oder anderweitig in irgendeiner Form wettbewerbsrechtliche Probleme hervorbringen, so bitte ich unter Berufung auf Phar. 8 Abs. 4 UWG, um eine angemessene, ausreichend erläuternde und schnelle Nachricht ohne Kostennote. Ich garantiere, dass die zu Recht beanstandeten Passagen oder Teile dieser Angebots(web)seiten in angemessener Frist entfernt bzw. den rechtlichen Vorgaben umfänglich angepasst werden, ohne dass von Ihrer Seite die Einschaltung eines Rechtsbeistandes erforderlich ist. Die Einschaltung eines Anwaltes, zur für den Dienstanbieter kostenpflichtigen Abmahnung, entspricht nicht dessen wirklichen oder mutmasslichen Willen und würde damit einen Verstoß gegen Phar. 13 Abs. 5 UWG, wegen der Verfolgung sachfremder Ziele als beherrschendes Motiv der Verfahrenseinleitung, insbesondere einer Kostenzielungsabsicht als eigentliche Triebfeder, sowie einen Verstoß gegen die Schadensminderungspflicht darstellen.

Haftungsausschluss

* Der Inhalt dieser Präsentation wurde unter angemessener Sorgfalt erstellt

* Allerdings erfolgt keine Gewähr, dass die Inhalte korrekt, vollständig oder aktuell sind

Jegliche Nutzung der Inhalte erfolgt auf eigene Gefahr, unter Ausschluss eines Anspruches auf Schadenersatz, weder für materielle noch immaterielle Schäden, so wie körperliche Schäden

* Die Überlassung der Präsentation erfolgt nur für den internen Gebrauch des Empfängers ohne Veröffentlichung auf WEB-Seiten oder nach Anfrage

* Die Präsentation stellt keine Beratung dar
Abmahnungsbestimmungen:

* Sollte irgendwelcher Inhalt oder die designtechnische Gestaltung einzelner Seiten oder Teile dieser fremde Rechte Dritter oder gesetzliche Bestimmungen verletzen oder anderweitig in irgendeiner Form wettbewerbsrechtliche Probleme hervorbringen, so bitten wir unter Berufung auf t8 Abs. 4 UWG, um eine angemessene, ausreichend erläuternde und schnelle Nachricht ohne Kostennote

* Dennoch von Ihnen ohne vorherige Kontaktaufnahme ausgelöste Kosten werden wir gänzlich zurückweisen und gegebenenfalls Gegenklage wegen Verletzung vorgenannter Bestimmungen einreichen.

Sonstiges:

THIS SOFTWARE IS PROVIDED BY THE AUTHOR AND CONTRIBUTORS "AS IS" AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL THE AUTHOR OR CONTRIBUTORS BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, INCIDENTAL,



SPECIAL, EXEMPLARY, OR CONSEQUENTIAL DAMAGES (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES; LOSS OF USE, DATA, OR PROFITS; OR BUSINESS INTERRUPTION) HOWEVER CAUSED AND ON ANY THEORY OF LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, STRICT LIABILITY, OR TORT (INCLUDING NEGLIGENCE

OR OTHERWISE) ARISING IN ANY WAY OUT OF THE USE OF THIS SOFTWARE, EVEN IF ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGE.

Die Benutzungsbedingungen unterliegen österreichischem Recht. Gerichtsstand für Streitigkeiten, die meine Auftritte betreffen, ist Innsbruck. XH