

**MiSIS** Datenbasis

# Dokumentation



# Inhalt

1.	Akustische Klassifikation von Prüflingen .....	5
1.1.	Allgemeiner Aufbau des Messsystems .....	6
3.	Akustische Qualitätsprüfung von Glasflaschen .....	15
3.1.	Versuchsanordnung.....	15
3.2.	Prüflinge.....	17
3.2.1.	Liste der Prüflinge.....	17
3.2.2.	Abbildungen der Prüflinge .....	18
3.2.2.1.	Flaschen der Klasse B (broken / original beschädigt) .....	18
3.2.2.2.	Flaschen der Klasse D (destroyed / künstlich zerstört) .....	19
3.3.	Aufbau Datenbasis.....	23
3.4.	Auswertung.....	23
3.4.1.	Experiment A.....	23
3.4.1.1.	Vorversuch001_A.....	24
3.4.1.2.	Vorversuch002_A.....	25
3.4.1.3.	Vorversuch003_A.....	26
3.4.1.4.	Versuch004_A.....	27
3.4.2.	Experiment B .....	28
3.4.2.1.	Vorversuch001_B.....	28
3.4.2.2.	Vorversuch002_B.....	29
3.4.2.3.	Vorversuch003_B.....	30
3.4.2.4.	Versuch004_B.....	31
3.4.3.	Experiment C .....	32
3.4.3.1.	Vorversuch001_C.....	32
3.4.3.2.	Vorversuch002_C.....	33
3.4.3.3.	Vorversuch003_C.....	34
3.4.3.4.	Versuch004_C.....	35
4.	Offline-Test des MiSIS-Mustererkenners .....	36
4.1.	Erläuterungen zu den Testergebnissen .....	37
	UASR (Referenz).....	38
	UASR (GMM Mix).....	38
	Gleitkomma-Erkennen.....	38
	Festkomma-Erkennen.....	39
4.2.	Fazit der Offline-Tests.....	39

5.	LabView-Instrument „Mikrofonfeld“ .....	40
6.	Hilfsprogramme „Fileoperations“ und „NameToFile“ im Package utilities.....	41
7.	Literatur .....	42
8.	Anhang .....	43
8.1.	Dateistruktur coins-Repository .....	43
8.2.	Dateistruktur bottles-Repository .....	45

## 1. Akustische Klassifikation von Prüflingen

Im Rahmen der Entwicklung eines miniaturisierten, modularen und universellen Hardwaremoduls zur intelligenten Signalverarbeitung wurden durch die Professur Kommunikationstechnik der BTU Cottbus-Senftenberg Datenbasen erstellt. Im Wesentlichen ging es darum Trainingsdaten zu gewinnen, mit deren Hilfe eine neuartige Generation mobiler intelligenter Messgeräte im Bereich der akustischen Mustererkennung entwickelt wird.

Als Prüflinge wurden Euromünzen sowie die in Abbildung 1 gezeigten medizinischen Infusionsflaschen genutzt.



Abbildung 1: Mögliche Beschädigungen am Glaskörper medizinischer Infusionsflaschen

Es wurde eine Vielzahl von Messungen einhergehend mit der Optimierung der jeweiligen Versuchsaufbauten getätigt. Während an den Münzen die Erkennung der Wertigkeit getestet wurde, erfolgte an den Flaschen die Klasseneinteilung „gut“ oder „schlecht“. Die Wiedererkennung des einzelnen Prüflings funktioniert dabei entsprechend dem zu Grunde liegenden Verfahren mit ca. 90% hervorragend. Insgesamt stehen mit den abgelieferten Datenbasen 9400 Messergebnisse und die dazugehörigen Modelltraining-Datensätze zu Verfügung. Darüber hinaus wurden inklusive der Vorversuche ca. 20000 Prüfungen durchgeführt. Einzelheiten sind den folgenden Abschnitten zu entnehmen.

## 1.1. Allgemeiner Aufbau des Messsystems

Die Professur Kommunikationstechnik verfügt über ein akustisches Messsystem entsprechend der Abbildung 1. Es besteht im Backend aus einer NI-Workstation PXIe-1062Q von National Instruments mit folgenden Modulen:

- PXI-4462 Dynamischer Signalanalysator mit 4 simultan abgetasteten Analogeingängen, konfigurierbare AC/DC-Kopplung und IEPE-Konditionierung mit bis zu 204,8 kS/s, siehe Datenblatt <http://www.ni.com/datasheet/pdf/en/ds-337>
- PXIe-4464 4-Input Dynamischer Signalanalysator High-Performance, 24 Bits, 204.8 kS/s, siehe Produktseite <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/de/nid/212905>
- Impulshammer PCB Modally Tuned® ICP® (IEPE), 10mV/lbf, siehe Produktseite <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/de/nid/213180>
- PXI-5412 Arbitrary Waveform Generator 100 MS/s, 14-Bit und 8 MB Speicher, siehe Datenblatt [http://www.ni.com/pdf/products/us/2004\\_4600\\_305\\_101\\_DLR.pdf](http://www.ni.com/pdf/products/us/2004_4600_305_101_DLR.pdf)

Jeder einzelne Prüfling wird bei der Messung mit einem definierten Anschlag des Impulshammers angeregt. Die Verwendung des Impulshammers bietet die Möglichkeit der Kraftmessung. Die Akquise-Karten zeichnen die Kraft und die resultierenden Impulsantworten auf. Es erfolgt dabei eine A/D-Umsetzung sowie die Signalkonditionierung des Mikrofonfeldes. Das Mikrofonfeld befindet sich in einem akustisch isolierten Raum, siehe Abbildung 2, und besteht aus 4 hochwertigen Messmikrofonkapsel MK 301E des Mikrofonherstellers Microtech Gefell. Die Abbildung 3 zeigt die individuellen Kalibrierdaten.

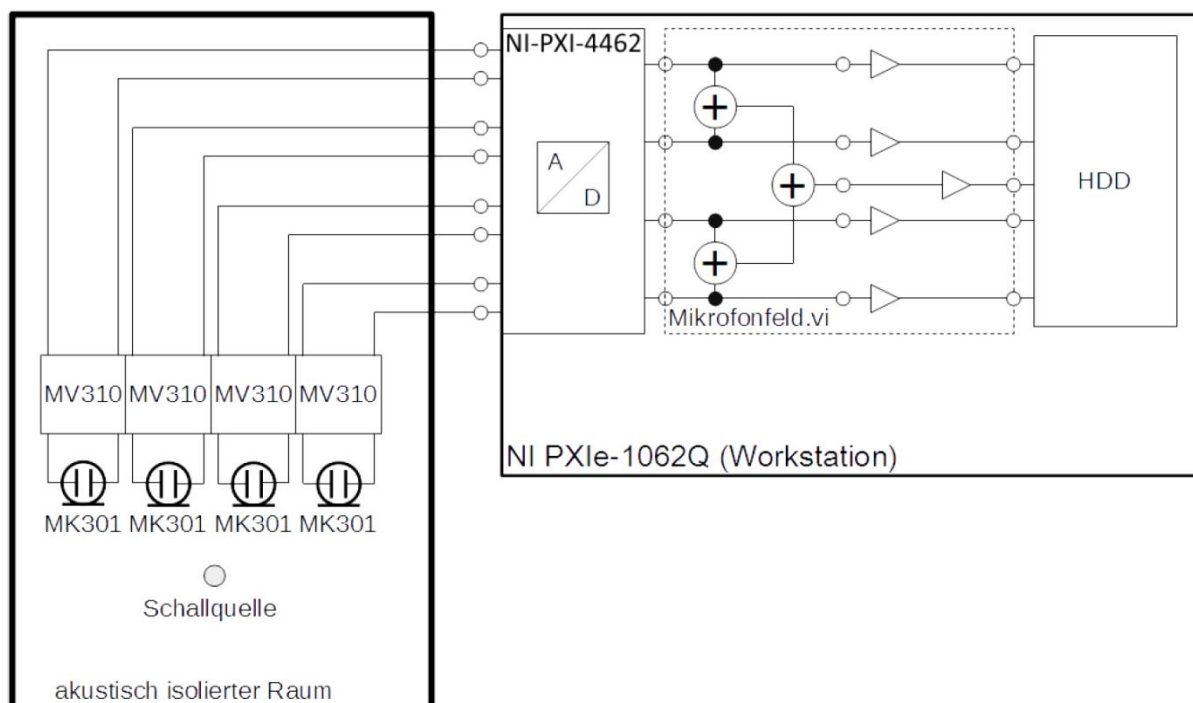


Abbildung 2: Akustisches Messsystem



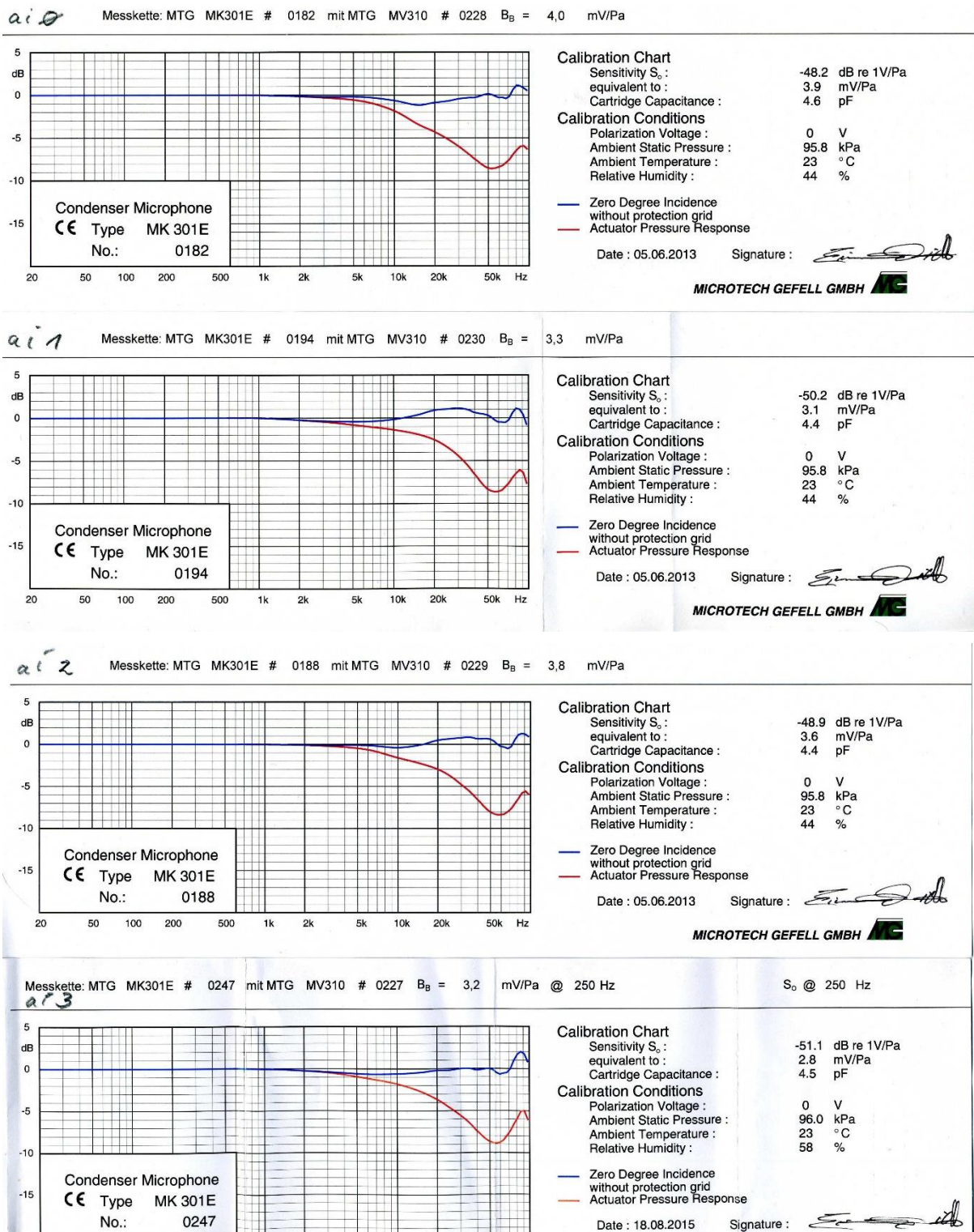


Abbildung 3: Individuelle Datenblätter der Messmikrofonkapseln

## 2. Münzexperiment

### 2.1. Versuchsanordnung

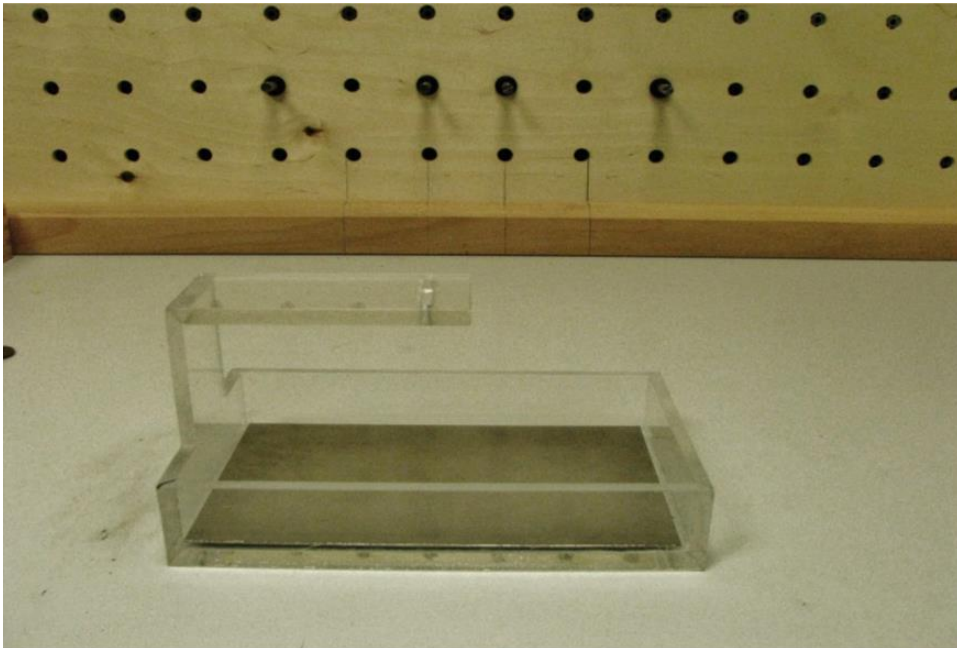


Abbildung 4: Münzexperiment Versuchsanordnung Versuch2

Die Abbildung 4 zeigt den praktischen Aufbau des Münzversuchs. Die Messmikrofone finden auf einer Sperrholzlochrasterplatte ihre definierte Position. Die Anordnung wurde auf Grund der Richtcharakteristik horizontal zur Prüfvorrichtung gewählt.

Das Acryl-Gehäuse mit definiertem Münz-Einwurf-Schlitz bildet die Prüfvorrichtung. Sichtbar ist eine Bodenplatte aus Metall (Versuch2) welche im eigentlichen Versuch auf Grund der neutraleren akustischen Antwort durch eine unebene Glasplatte (Versuch3) ersetzt wurde.

Alternativ wurde für den Versuch1 nochmals die Glasschale aus dem Vorversuch verwendet, da dieser die besten Ergebnisse lieferte. Dieser Versuchsaufbau ist in Abbildung 5 zu sehen. Der Unterschied zum Vorversuch war der definierte Münzschlitz, der für diesen Versuch ebenfalls aus Acryl gefertigt wurde.

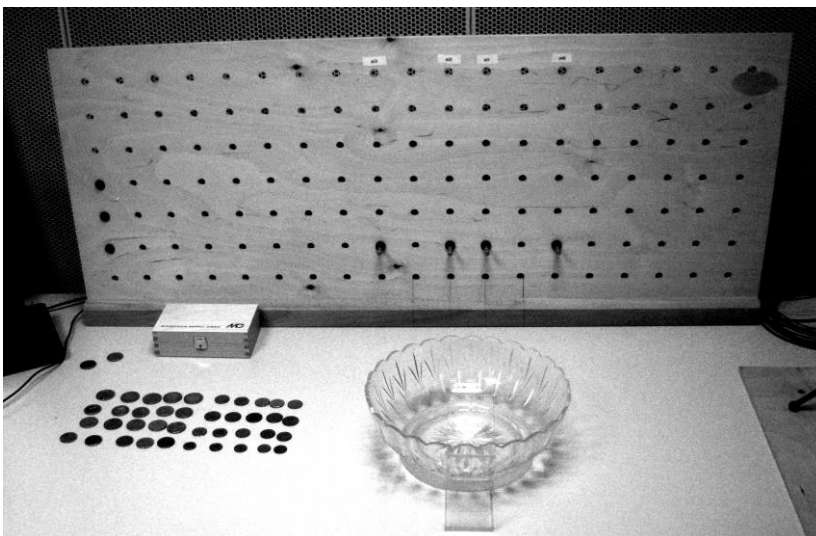


Abbildung 5: Versuch1 mit Münzschale



Die Abstände vom Aufbau zu den Messmikrofonen betrug in die Tiefe gemessen jeweils 30 cm, wobei bei der Glasschale vom Mittelpunkt und bei der Acrylschale von der hinteren Kante gemessen wurde. Beide Aufbauten wurden in Längsrichtung zentriert.

Zur Dateistruktur siehe die txt-Datei „Dateistruktur.txt“ im Ordner „Manual“ im coins-Repository oder im Anhang ab Punkt 6.

## 2.2. Erstellung der Datenbasis

Als Testkörper wurden jeweils vier oder fünf Münzen einer Klasse mit 60 Aufnahmen verwendet. Als Münzklasse sind die Münzen eines Wertes von 1 ct, 2 ct, 5 ct, 10 ct, 20 ct, 50 ct, 1 € und 2 € definiert. Es wurden Münzen verschiedener Herkunftsländer untersucht, dies hat zunächst untergeordnete Bedeutung.

Es wurden ein Vorversuch mit einer Glasschale sowie 3 Hauptversuche mit unterschiedlichen Aufschlagmaterialien durchgeführt. Verwendet wurde letztlich der Versuch V3 entsprechend der Abbildung 5.

Von den 5297 Aufnahmen wurden 4390 zum Modelltraining und 907 zum Test verwendet. Nach der Erstellung der Datenbasen erfolgte die Merkmalsanalyse: 30-Kanal-Melfilterbank (FEA.xtp). Darauf erfolgt ein HMM-Modeltraining. Angaben zu den einzelnen Versuchen sind den Tabellen in Abbildung 12 unter Punkt 2.3 zu entnehmen.

Alle Konfidenzintervalle der Versuche werden zum 95% Konfidenzintervall angegeben.

### 2.2.1. Vorversuch

Das Ergebnis des Trainings vom Vorversuch ergab bei 1 HMM Zustand eine Quote von  $96,9 \pm_{7,7}^{+2,7} \%$ . Es wurde in Modell 5\_6 erreicht.

Model ID		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	...	...	...
0_*	+ =														
1_*	+ =														
2_*	+ =														
3_*	+ =														
4_*	+ =														
5_*	+ =														

Abbildung 6: Beste Modelle vom Training vom Vorversuch

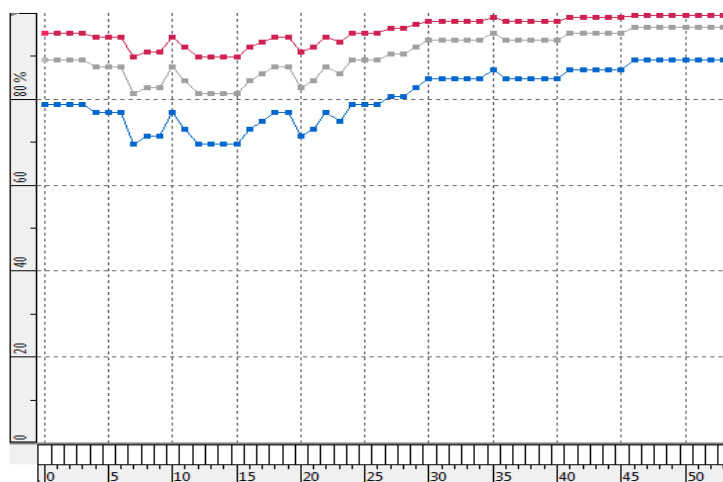


Abbildung 7: Trainingsverlauf Vorversuch

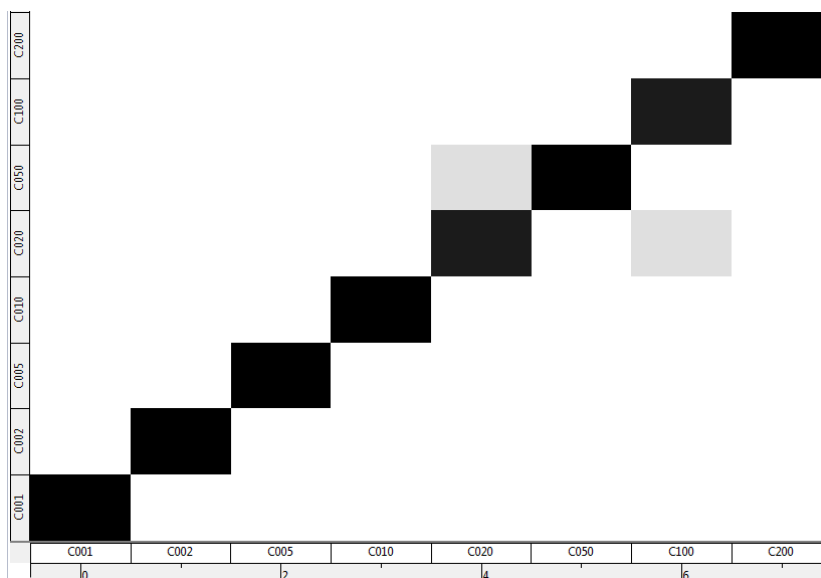


Abbildung 8: Verwechslungsmatrix Vorversuch

## 2.2.2. Versuch1

Das Ergebnis des Trainings vom Versuch1 betrug  $94,6^{+1,9}_{-2,5}$  % und wurde in Modell 5\_4 erreicht.

Model ID		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	...	...	...
0_*	+ -														
1_*	+ -														
2_*	+ -														
3_*	+ -														
4_*	+ -														
5_*	+ -														

Abbildung 9: beste Modelle Versuch1

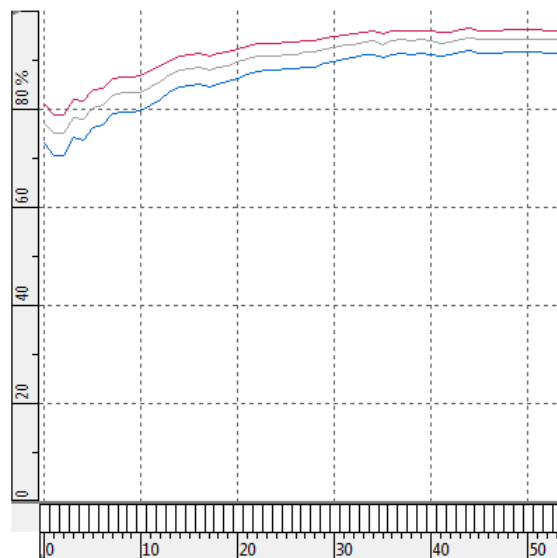


Abbildung 10: Trainingsverlauf Versuch1

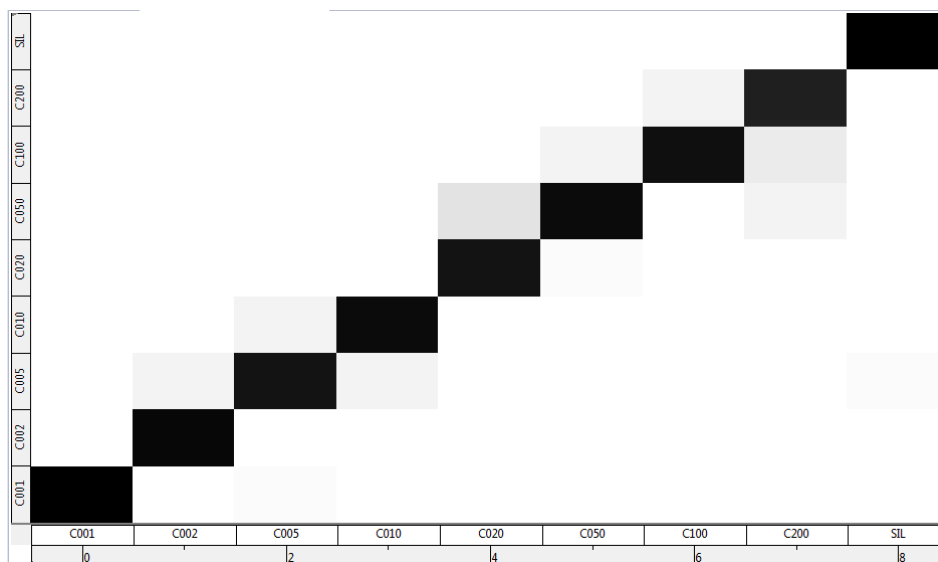


Abbildung 11: Verwechslungsmatrix Versuch1

### 2.2.3. Versuch2

Das Ergebnis des Trainings vom Versuch2 betrug  $80,0^{+6,0}_{-7,2}$  % und wurde in Modell 4\_8 erreicht.

Model ID		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	...	...	...
0_*	+ -														
1_*	+ -														
2_*	+ -														
3_*	+ -														
4_*	+ -														
5_*	+ -														

Abbildung 12: beste Modelle Versuch2

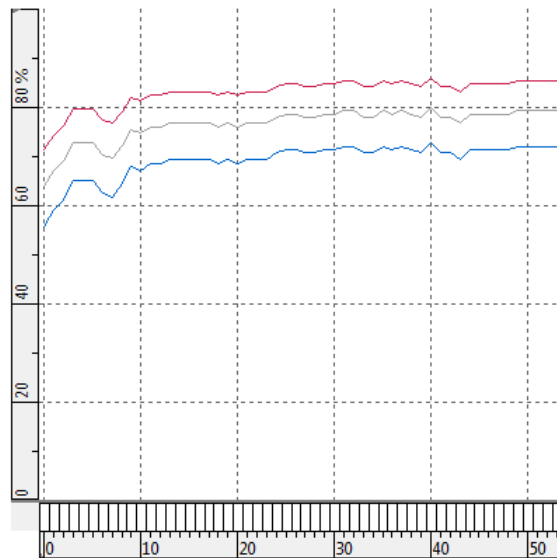


Abbildung 13: Trainingsverlauf Versuch2

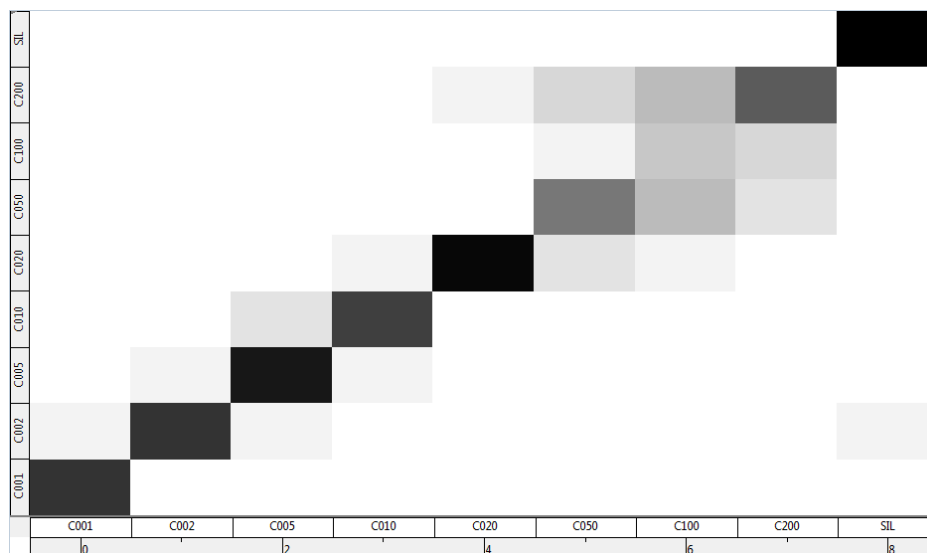


Abbildung 14: Verwechslungsmatrix Versuch2

## 2.2.4. Versuch3

Als Das Ergebnis des Trainings vom Versuch3 betrug  $95,1_{-2,4}^{+1,8}$  % und wurde in Modell 4\_8 erreicht.

Model ID		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	...	...	...
0_*	+ -														
1_*	+ -														
2_*	+ -														
3_*	+ -														
4_*	+ -														
5_*	+ -														

Abbildung 15: beste Modelle Versuch2

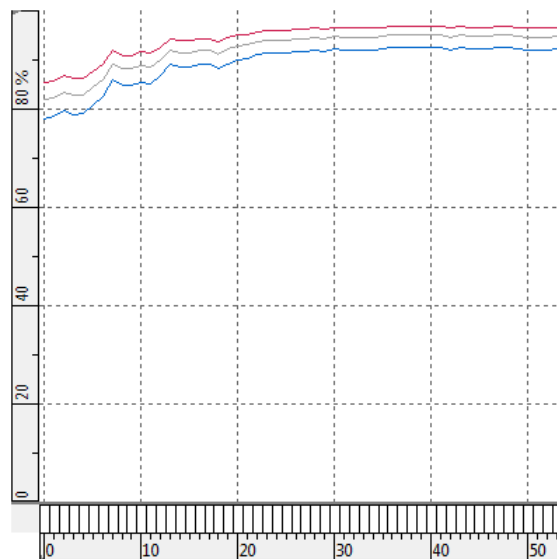


Abbildung 16: Trainingsverlauf Versuch2

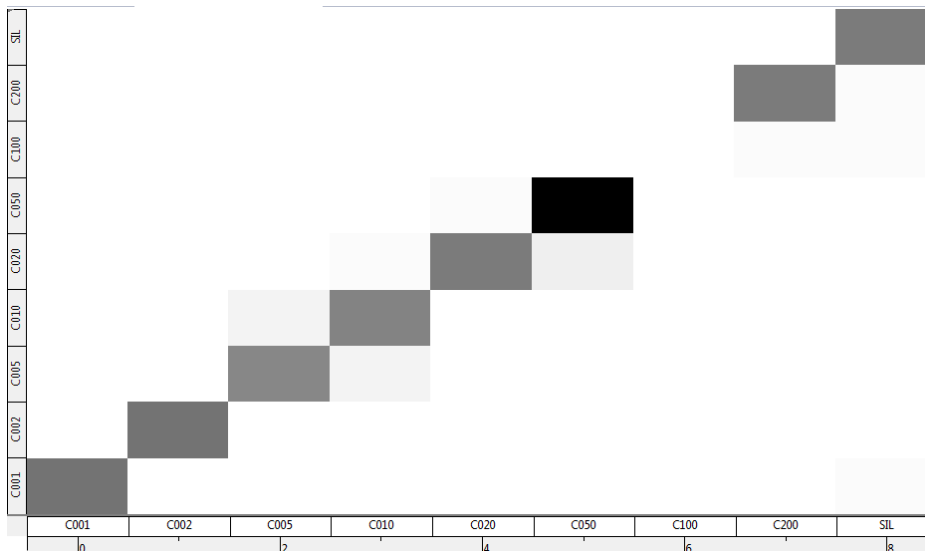


Abbildung 17: Verwechslungsmatrix Versuch2



### 2.3. Übersicht über coins-Datenbasis

In Abbildung 12 sind die Tabellen A2, A4 und A7 angegeben, in denen der Aufbau der Datenbasis dokumentiert ist.

Durch Fehltriggerung wurden einige leere Aufnahmen erstellt, die aus der Datenbasis gelöscht wurden. Die Angaben in den Datenbasen-Tabellen beziehen sich auf die jeweilige Münze in Aufnahmereihenfolge.

		Signale vom Versuch 1 (Experiment 1)			
		aufgenommen	gelöscht	vorhanden	Anz. Training   Anz. Test
Wert in Cent	001	50 * 5	0	250	200   50
	002	50 * 5	0	250	200   50
	005	50 * 5	0+1+1+0+0	248	200   48
	010	50 * 5	1+0+0+0+0	249	200   49
	020	50 * 5	0	250	200   50
	050	50 * 5	0	250	200   50
	100	50 * 5	0+1+0+1+0	248	200   48
	200	50 * 5	1+0+0+0+0	249	200   49
Summe		2000	6	1994	1600   394

Tabelle A.2: Anzahl der Aufnahmen vom Versuch 1

		Signale vom Versuch 2 (Experiment 3)			
		aufgenommen	gelöscht	vorhanden	Anz. Training   Anz. Test
Wert in Cent	001	40+42+38	2+2+0	116	100   16
	002	30+30+30+30	0+0+0+0	120	100   20
	005	30+30+30+30	0+0+0+0	120	100   20
	010	40+40+40	2+2+0	116	100   16
	020	31+29+30+30	0+1+0+0	119	100   19
	050	21+19+20+19+20+20	0+1+0+1+2+0	116	100   16
	100	23+19+18+20+20+20	2+3+0+0+0+0	115	100   15
	200	41+40+39	2+1+0	117	100   17
Summe		960	21	939	800   139

Tabelle A.5: Anzahl der Aufnahmen vom Versuch 2 Experiment 3

		Signale vom Versuch 3 (Experiment 2)			
		aufgenommen	gelöscht	vorhanden	Anz. Training   Anz. Test
Wert in Cent	001	60*5	0	300	250   50
	002	60*5	0	300	250   50
	005	60*5	1	299	250   49
	010	60*5	0	200	250   50
	020	60*5	1	299	250   49
	050	60*5	0	300	250   50
	100	60*4	0	240	240   0
	200	60*5	1	299	250   49
Summe		2340	3	2337	1990   347

Tabelle A.7: Anzahl der Aufnahmen vom Versuch 3 Experiment 2

Abbildung 18: Tabellen zur Datenbasis des Münzexperimentes

### 3. Akustische Qualitätsprüfung von Glasflaschen

#### 3.1. Versuchsanordnung

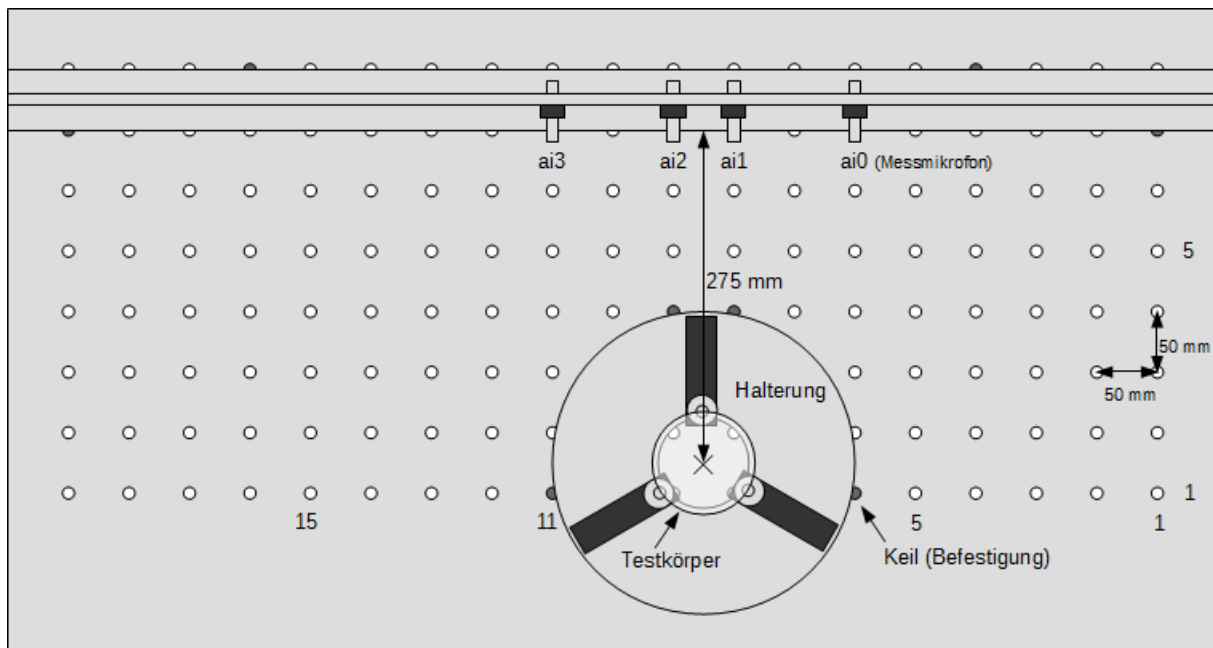


Abbildung 19: Flaschenexperiment Versuchsaufbau (Draufsicht)

Die kleine Datenbasis wurde in 3 verschiedenen Versuchsaufbauten aufgenommen:

- Vorversuch 001: mit Positionsmarkierung, mit Baumarkthammer
- Vorversuch 002: mit Boden-Lochplatte, mit Baumarkthammer
- Vorversuch 003: mit Boden-Lochplatte, mit Modalhammer

Es wurden 10 künstlich beschädigte (defekte) und 10 valide Flaschen als Prüfling verwendet.

Im 1. Aufbau wurde die Halterung so platziert, dass sich der Prüfling in 30 cm Entfernung von der Mitte des Mikrofonfeldes befand.

Im 2. Aufbau wurde die in Abbildung 19 skizzierte Lochplatte für die Arretierung der Halterung benutzt, sodass sich die Prüflinge in 25 cm Entfernung von dem Mikrofonfeld befand.

Im 3. Aufbau wurde zur Anregung des Systems anstatt eines Baumarkthammers ein Modalhammer verwendet, sodass die Kraft, welche zur Anregung des Systems verwendet wurde, aufgezeichnet werden konnte.

Versuch004 wurde mit dem Versuchsaufbau von Vorversuch 003 vorgenommen.

- Versuch 004: mit Boden-Lochplatte, mit Modalhammer

Es wurden 3 original beschädigte, 10 künstlich beschädigte (defekte) und 120 valide Prüflinge aufgenommen.

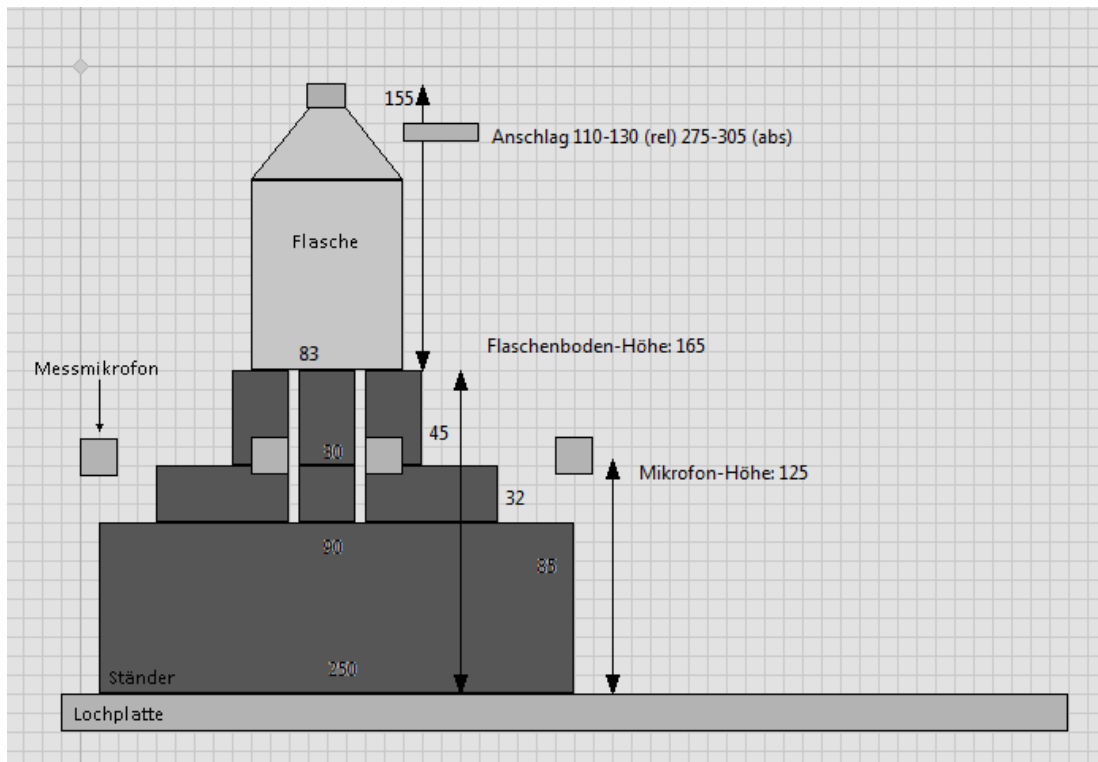


Abbildung 20: Flaschenexperiment Versuchsaufbau (Frontalansicht)

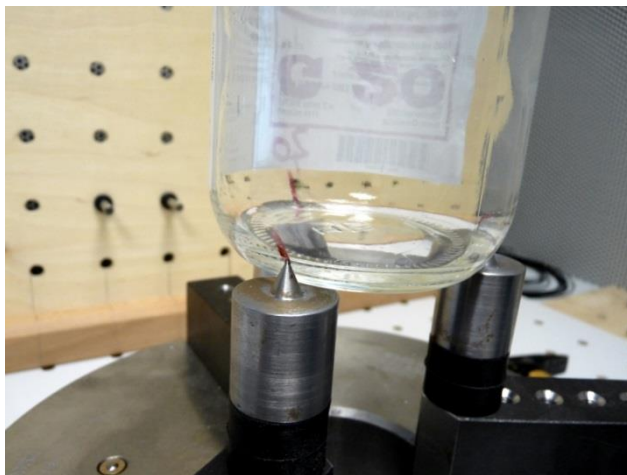


Abbildung 21: Flaschenexperiment (Detail)

Die Flaschen wurden an der Naht auf der Seite des Etikettes und jeweils in 120° Winkel relativ dazu mit einer Markierung versehen.

Die Positionierung der Flasche auf der Halterung kann so an den Spitzen der Füße des 3-Punkt-Statives vorgenommen werden.

Die Flaschen wurden mit 0°, 120° und 240° Drehung aufgenommen, wobei der 0°-Winkel so definiert ist, dass die Markierung am Etikett auf dem linken unteren Fuß aufliegt.

Die weiteren Winkel sind gegen Uhrzeigersinn abgetragen, so ist in Abbildung 15 eine Drehung um 120° vorgenommen worden.

## 3.2. Prüflinge

### 3.2.1. Liste der Prüflinge

ID	Beschreibung mit Gradangabe*	Experiment			
		Vorversuch 001	Vorversuch 002	Vorversuch 003	Versuch004
B001	kleiner Riss unten bei ca. 240°				✓
B002	kleiner Riss oben bei ca. 180°				✓
B003	mittlerer Riss oben bei ca. 120°				✓
D010	großer Riss und Abschabungen unten bei ca. 120°-240°	✓	✓	✓	✓
D011	großer Riss in der Mitte bei ca. 120°-240°	✓	✓	✓	✓
D012	mittlere Abschabung unten bei ca. 000°	✓	✓	✓	✓
D013	großer Riss in der obere Mitte bei ca. 120°-240°	✓	✓	✓	✓
D014	kleines Loch auf Etikett bei ca. 000°	✓	✓	✓	✓
D015	3 mittlere Abschabungen in der Mitte bei ca 120°	✓	✓	✓	✓
D016	gerader Riss über die gesamte Unterseite von 000° bis 180°	✓	✓	✓	✓
D017	großer Riss mit Loch auf Etikett bei ca. 240°-360° (000°)	✓	✓	✓	✓
D018	großes Loch unten bei ca. 000°	✓	✓	✓	✓
D019	großer Riss oben, bei ca. 120° - 240°	✓	✓	✓	✓
V040 ... V049	intakt	✓	✓	✓	✓
V051 ... V160	intakt				✓

\*Die Gradangaben beziehen sich auf die große Markierung unten an den Flaschen (am Etikett) und sind im Uhrzeigersinn (Draufsicht) aufgetragen.

### 3.2.2. Abbildungen der Prüflinge

#### 3.2.2.1. Flaschen der Klasse B (broken / original beschädigt)

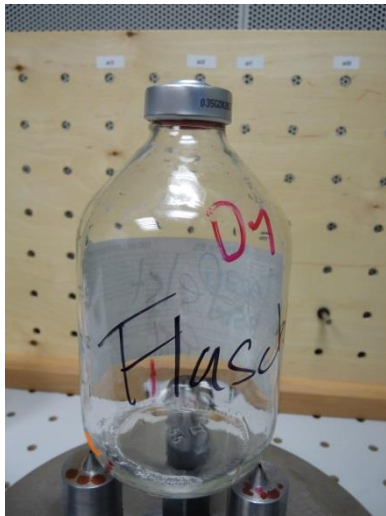


Abbildung 27: B001 mit Riss (orange)

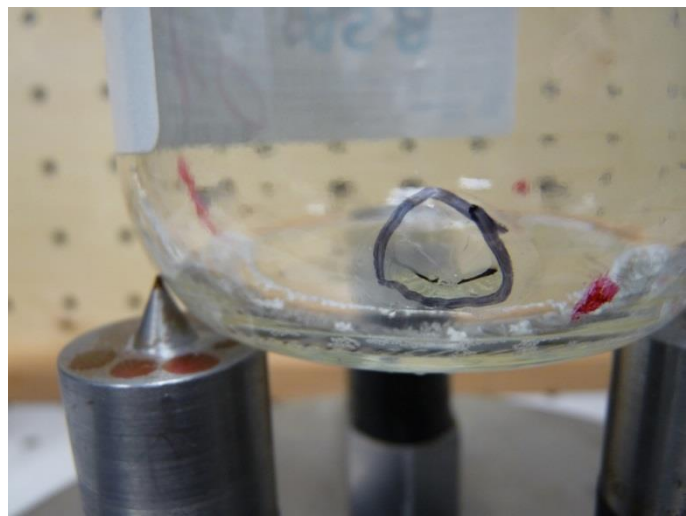


Abbildung 22: B001 Schadstelle im Detail

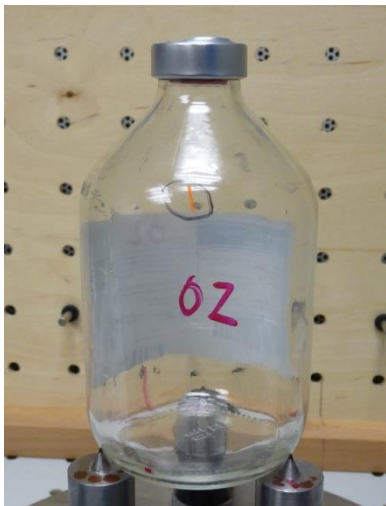


Abbildung 23: B002 mit Riss (orange)



Abbildung 24: B002 Schadstelle im Detail

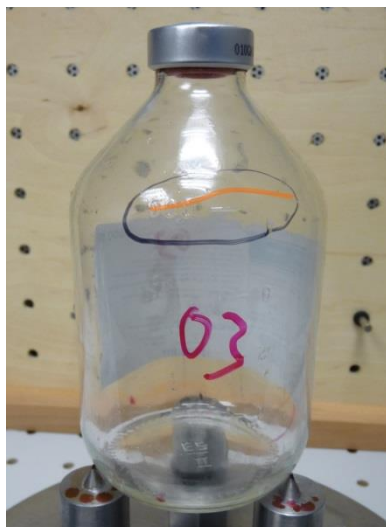


Abbildung 25: B003 mit Riss (orange)



Abbildung 26: B003 Schadstelle im Detail



### 3.2.2.2. Flaschen der Klasse D (destroyed / künstlich zerstört)



Abbildung 28: D010 mit Riss (orange) und Abschabungen (grün)



Abbildung 29: D010 Schadstelle im Detail



Abbildung 33: D011 mit Riss (orange)



Abbildung 32: D011 Schadstelle im Detail



Abbildung 31: D012 mit Abschabung (grün)



Abbildung 30: D012 Schadstelle im Detail

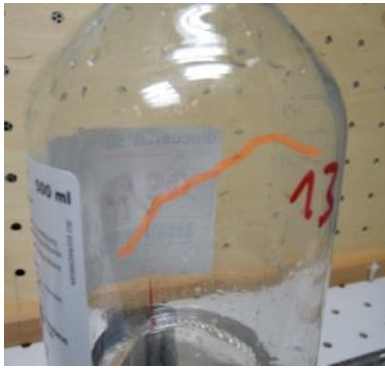


Abbildung 34: D013 mit Riss (orange)



Abbildung 39: D013 Schadstelle im Detail



Abbildung 38: D014 mit Loch (pink)

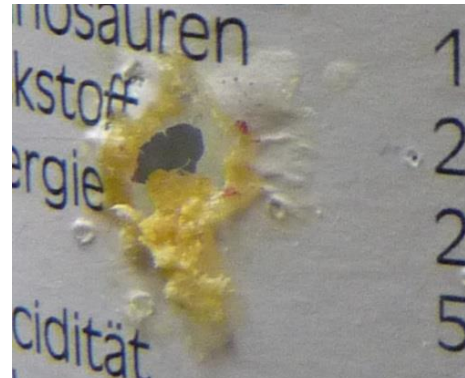


Abbildung 35: D014 Schadstelle im Detail



Abbildung 37: D015 mit Abschabungen (grün)



Abbildung 36: D015 Schadstelle im Detail





Abbildung 40: D016 mit Riss (gelb)



Abbildung 45: D016 Schadstelle im Detail

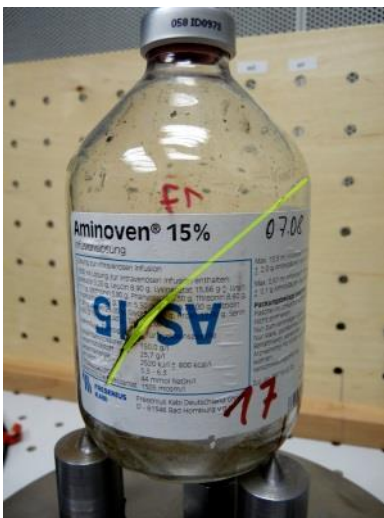


Abbildung 41: D017 mit Riss und Loch (grün)

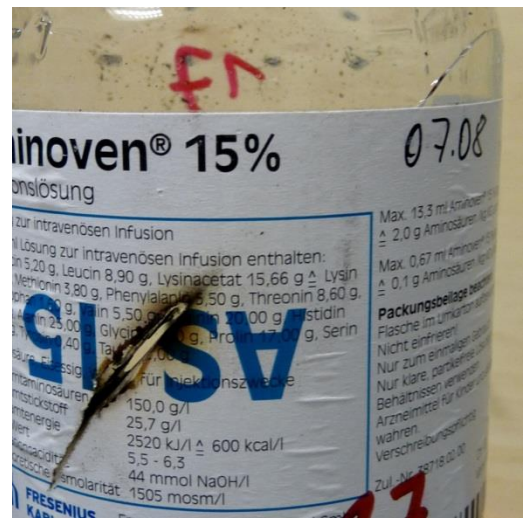


Abbildung 44: D017 Schadstelle im Detail

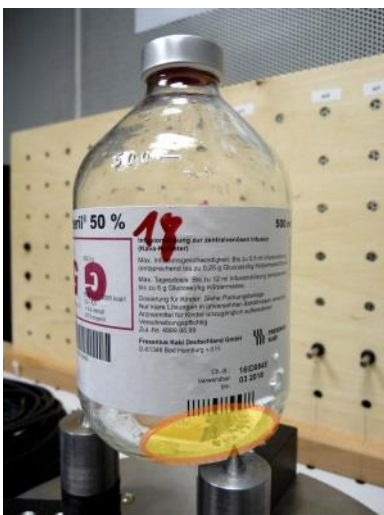


Abbildung 42: D018 mit Loch (gelb-orange)



Abbildung 43: D018 Loch in der Seitenansicht

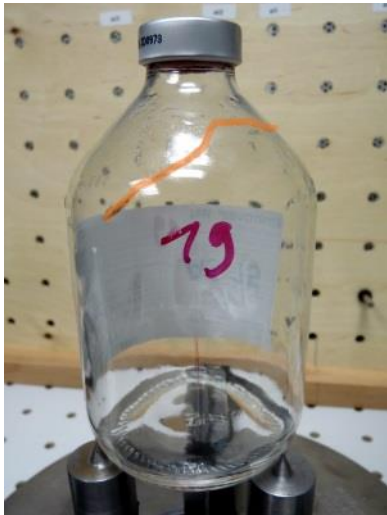


Abbildung 47: D019 mit Riss (orange)

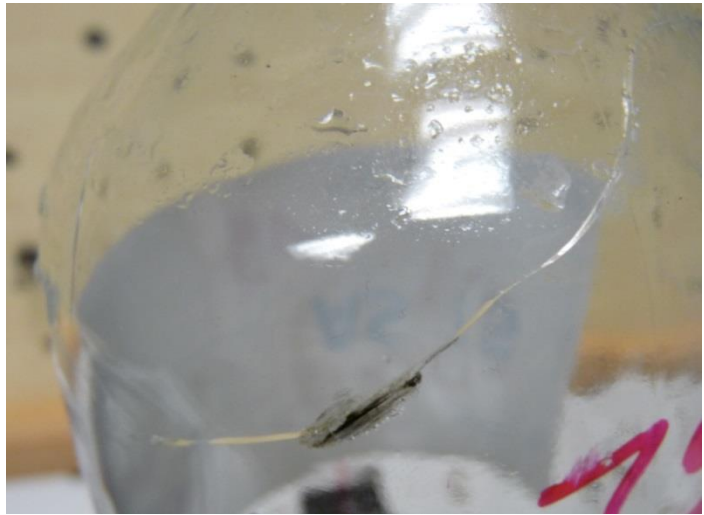


Abbildung 46: D019 Schadstelle im Detail (unvollständig)

### 3.3. Aufbau Datenbasis

Die Daten wurden verteilt auf 4 Oberverzeichnisse:

„sig“ für die Summensignale, die aus den 4 Mikrofonen gebildet wurden,  
„sig\_single“ für die Signale der einzelnen Mikrofone,  
„sig\_hammer“ für das Signal des Modalhammers (als wav-Datei) sowie  
„sig\_meta“ für den Effektivwert der Modalhammers (als txt-Datei).

In den jeweiligen Verzeichnissen gibt es Unterordner für die Experimente (Vorversuch 001-003, Versuch 004). In den Experiment-Verzeichnissen sind die Signaldateien in die jeweiligen Flaschenbezeichnungen eingeordnet. Bei den Bezeichnungen wurde B für die original beschädigten, D für die künstlich beschädigten (defekten) und V für die unbeschädigten (validen) Flaschen verwendet.

Die Nummerierung der Flaschen beginnt bei den original beschädigten mit 001, bei den künstlich beschädigten mit 010 und bei den unbeschädigten mit 040.

Vorversuch001 umfasst 600 Dateien, die aus 20 Flaschen zu je 30 Aufnahmen besteht,  
Vorversuch002 umfasst 600 Dateien, ebenso 20 Flaschen zu je 30 Aufnahmen,  
Vorversuch003 umfasst 1203 Dateien, hier 20 Flaschen zu 60 Aufnahmen. Es wurden 3 Dateien zusätzlich erstellt.

Versuch004 umfasst 8005 Aufnahmen, wobei 133 Prüflinge mit je 60 Aufnahmen verwendet wurden. Hierbei wurden 25 zusätzliche Aufnahmen erstellt.

Insgesamt sind 10390 Aufnahmen im Rahmen des Flaschenexperimentes erstellt worden.

Zusätzliche Informationen zur Verwendung des Projektes siehe in der Textdatei „Dateistruktur“ im Manual-Verzeichnis oder im Anhang ab Punkt 6.

### 3.4. Auswertung

#### 3.4.1. Experiment A

Im Experiment A wurde untersucht, wie gut die Flaschen als defekt erkannt werden.

Dabei wurden aus den Klassen Defekt und Valide zufällig Werte für die Test- und Trainingslisten gezogen, wobei die Daten nicht nach Flaschen gruppiert wurden.

Somit wurde davon ausgegangen, dass die Flaschen bereits vorher klassifiziert wurden. Die Flaschen wurden auf gute und schlechte Flaschen geprüft.



### 3.4.1.1. Vorversuch001\_A

Für Vorversuch001 wurde ein Modelltraining mit 5 HMM-Zuständen durchgeführt.

Die beste Erkennungsquote betrug  $85,0^{+7,0}_{-9,7} \%$ .

Sie wurde in dem Modell HMM 5\_0 erreicht.

Es wurden 40 Testdaten je Klasse verwendet, sodass 80 Testdaten und 520 Trainingsdaten verwendet wurden.

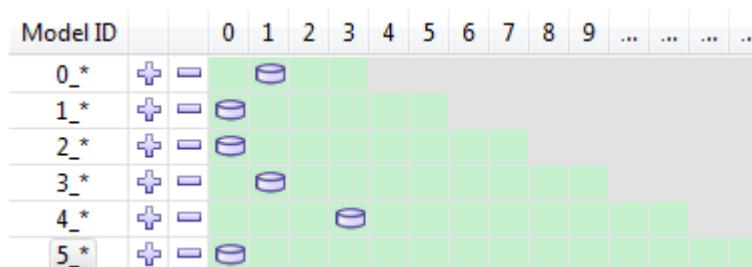


Abbildung 48: beste Modelle von Vorversuch001\_A

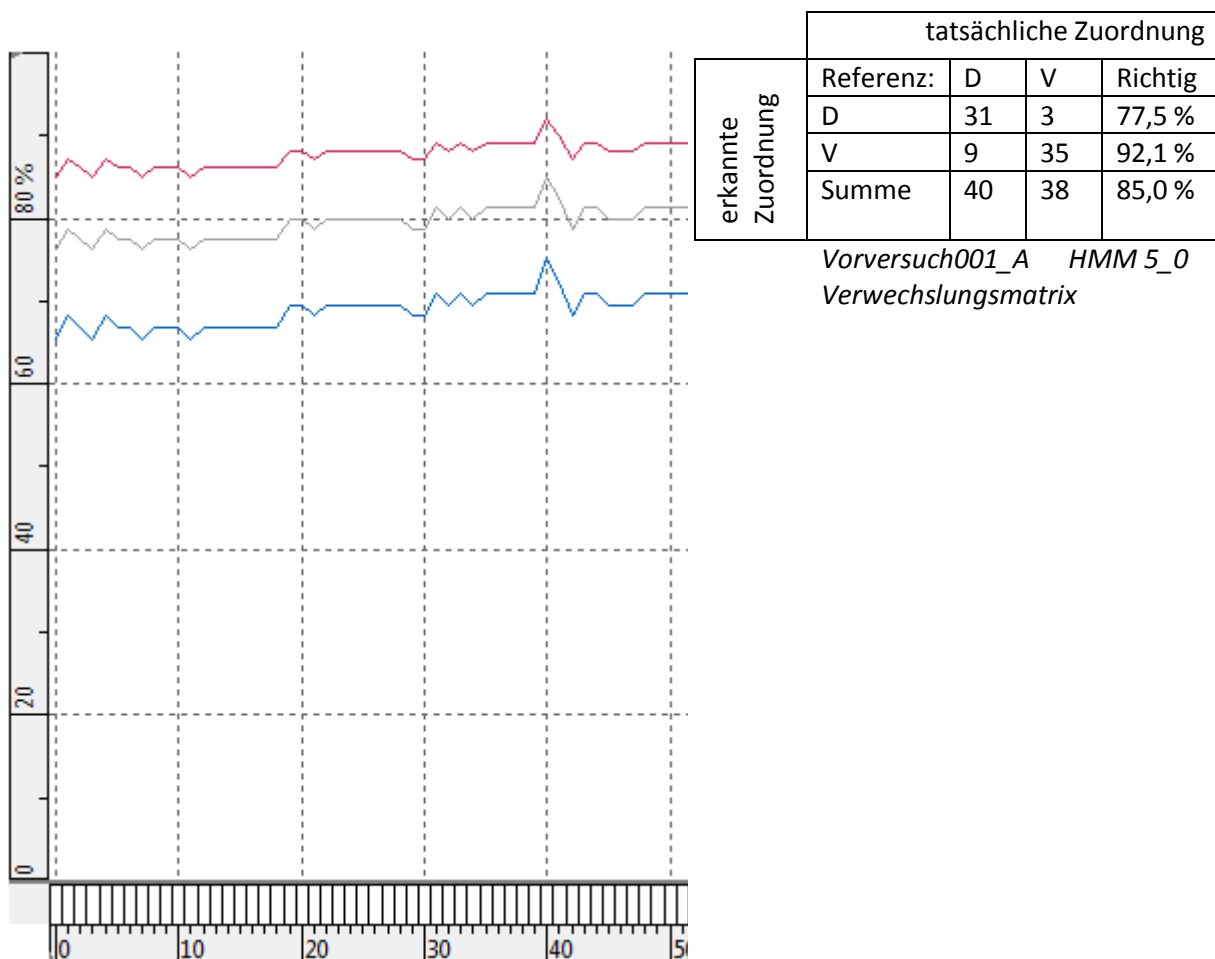


Abbildung 49: Trainingsverlauf Vorversuch001\_A

### 3.4.1.2. Vorversuch002\_A

Vorversuch002 wurde mit 5 HMM Zuständen trainiert.

Die beste Erkennungsquote betrug  $96,3^{+3,0}_{-6,8} \%$ .

Sie wurde in dem Modell HMM 4\_4 erreicht.

Es wurden 40 Testdaten je Klasse verwendet, sodass 80 Testdaten und 520 Trainingsdaten verwendet wurden.

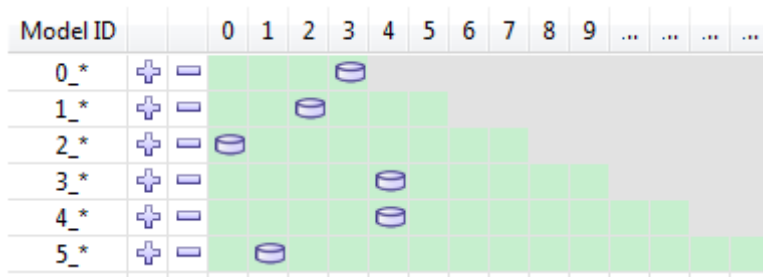


Abbildung 50: beste Modelle Vorversuch002\_A

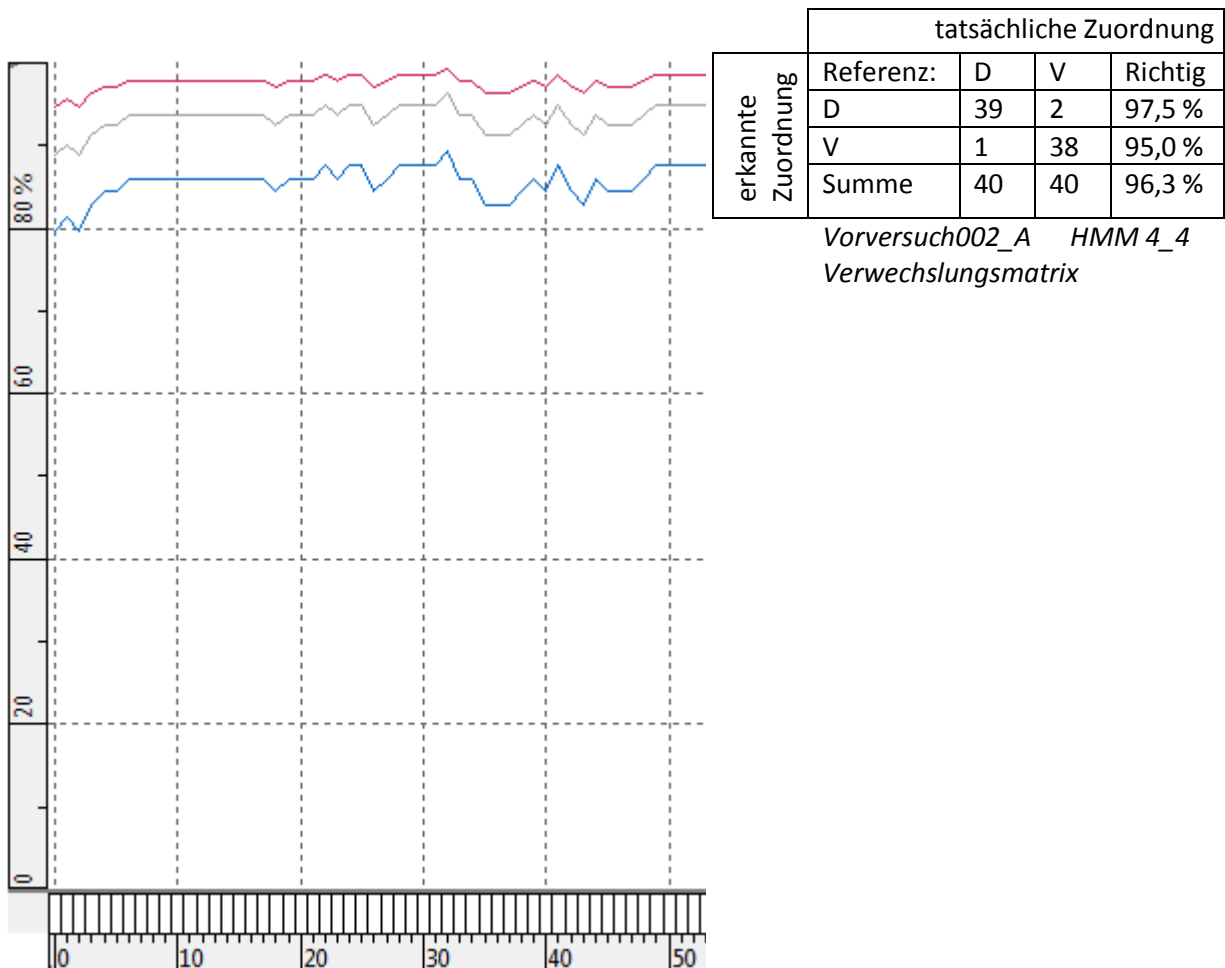


Abbildung 51: Trainingsverlauf Vorversuch002\_A

### 3.4.1.3. Vorversuch003\_A

Vorversuch003 wurde mit 5 HMM Zuständen trainiert.

Die beste Erkennungsquote betrug  $88,8^{+4,4}_{-5,9} \%$ .

Sie wurde in dem Modell HMM 5\_10 erreicht.

Es wurden 80 Testdaten je Klasse verwendet, sodass 160 Testdaten und 1043 Trainingsdaten verwendet wurden.

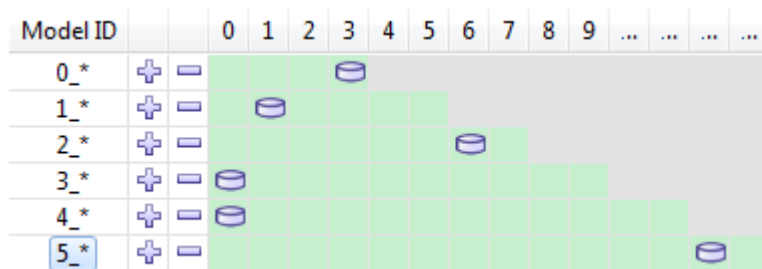
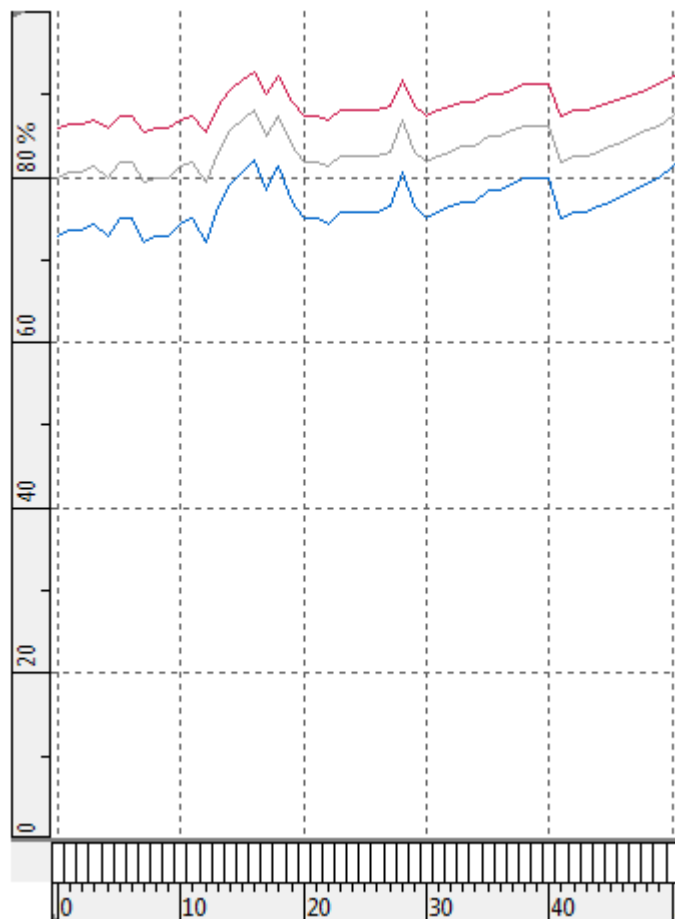


Abbildung 52: beste Modelle Vorversuch003\_A



erkannte Zuordnung	tatsächliche Zuordnung			
	Referenz:	D	V	Richtig
	D	64	2	80,0 %
	V	16	78	97,5 %
	Summe	80	80	88,8 %

Vorversuch003\_A HMM 5\_12  
Verwechslungsmatrix

Abbildung 53: Trainingsverlauf Vorversuch003\_A

### 3.4.1.4. Versuch004\_A

Für Versuch004 wurde das Modelltraining ebenfalls mit 5 HMM Zuständen trainiert.

Die beste Erkennungsquote betrug  $79,6^{+4,9}_{-5,7}$  %.

Sie wurde in dem Modell HMM 0\_1 erreicht.

Es wurden 240 Testdaten und 724 Trainingsdaten verwendet.

Aufgrund der großen und ungleich verteilten Datenmenge wurden nicht mehr als 724 Trainingsdaten verwendet.

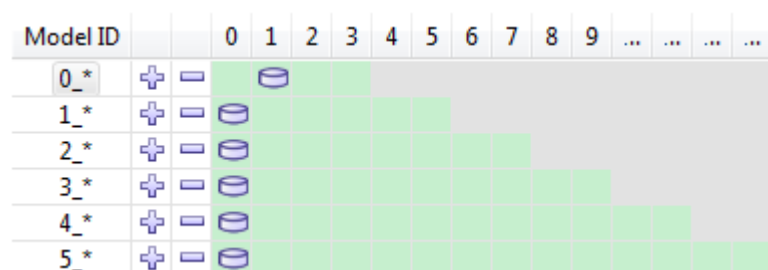


Abbildung 54: beste Modelle Versuch004\_A

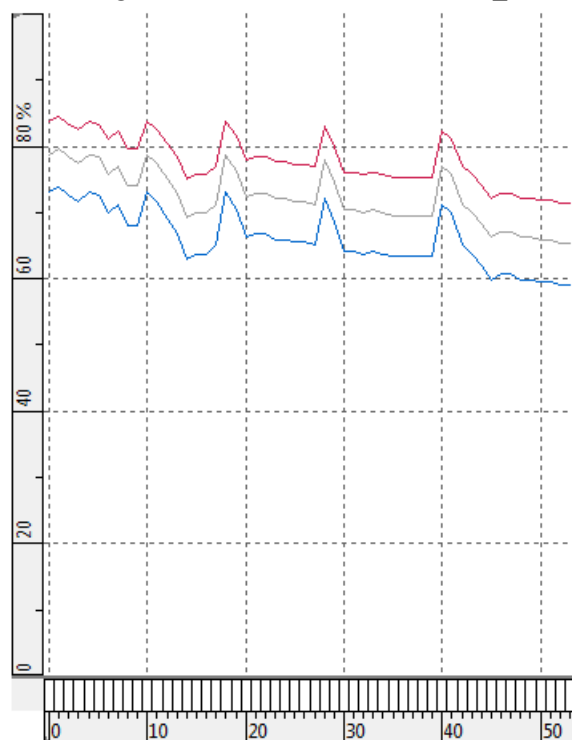


Abbildung 55: Trainingsverlauf Versuch004\_A

		tatsächliche Zuordnung			
erkannte Zuordnung	Referenz:	B	D	V	Richtig
	B	79	0	3	98,8 %
	D	0	40	5	50,0 %
	V	1	40	72	90,0 %
	Summe	80	80	80	79,6 %

Versuch004\_A HMM 4\_5  
Verwechslungsmatrix

### 3.4.2. Experiment B

Im Experiment B wurde untersucht, wie gut die jeweiligen Flaschen erkannt werden konnten, d.h. es wurde jedem Testkörper eine Klasse zugeordnet.

Dabei wurden aus den jeweiligen Flaschen-Datensätzen zufällig Werte für die Test- und Trainingsdaten gezogen.

#### 3.4.2.1. Vorversuch001\_B

Vorversuch001 wurde mit 5 HMM Zuständen trainiert.

Die beste Erkennungsquote betrug hierbei  $64,5^{+6,6}_{-7,1} \%$ .

Sie wurde in dem Modell HMM 1\_1 erreicht.

Es wurden 10 Testdaten je Klasse verwendet, sodass 200 Testdaten und 400 Trainingsdaten verwendet wurden.

Model ID		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	...	...	...
0_*	+ -														
1_*	+ -														
2_*	+ -														
3_*	+ -														
4_*	+ -														
5_*	+ -														

Abbildung 56: beste Modelle Vorversuch001\_B

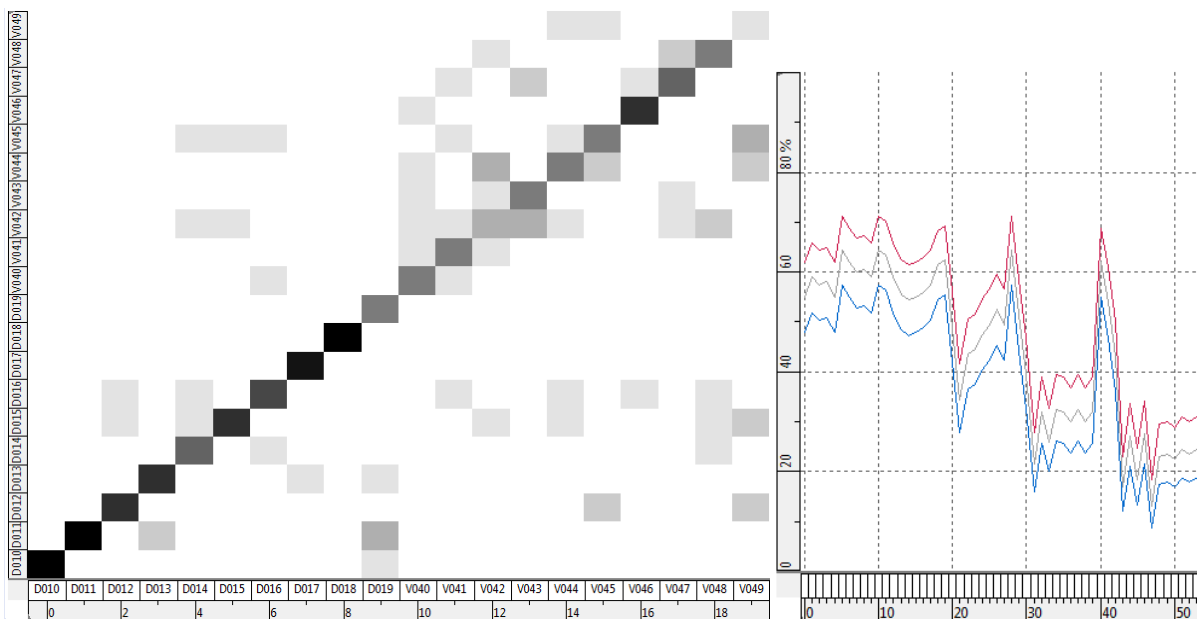


Abbildung 58: Verwechslungsmatrix Vorversuch001\_B HMM 1\_1

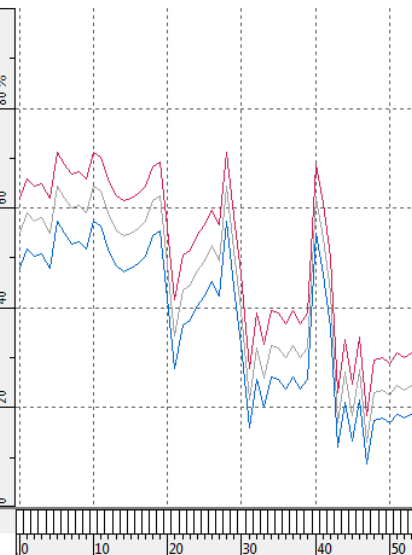


Abbildung 57: Trainingsverlauf Vorversuch001\_B



### 3.4.2.2. Vorversuch002\_B

Vorversuch002 wurde mit 5 HMM Zuständen trainiert.

Die beste Erkennungsquote betrug hierbei  $66,5^{+6,5}_{-7,0}$  % .

Sie wurde in dem Modell HMM 1\_0 erreicht.

Es wurden 10 Testdaten je Klasse verwendet, sodass 200 Testdaten und 400 Trainingsdaten verwendet wurden.

Model ID		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	...	...	...
0_*	+ =														
1_*	+ =														
2_*	+ =														
3_*	+ =														
4_*	+ =														
5_*	+ =														

Abbildung 59: beste Modelle Vorversuch002\_B

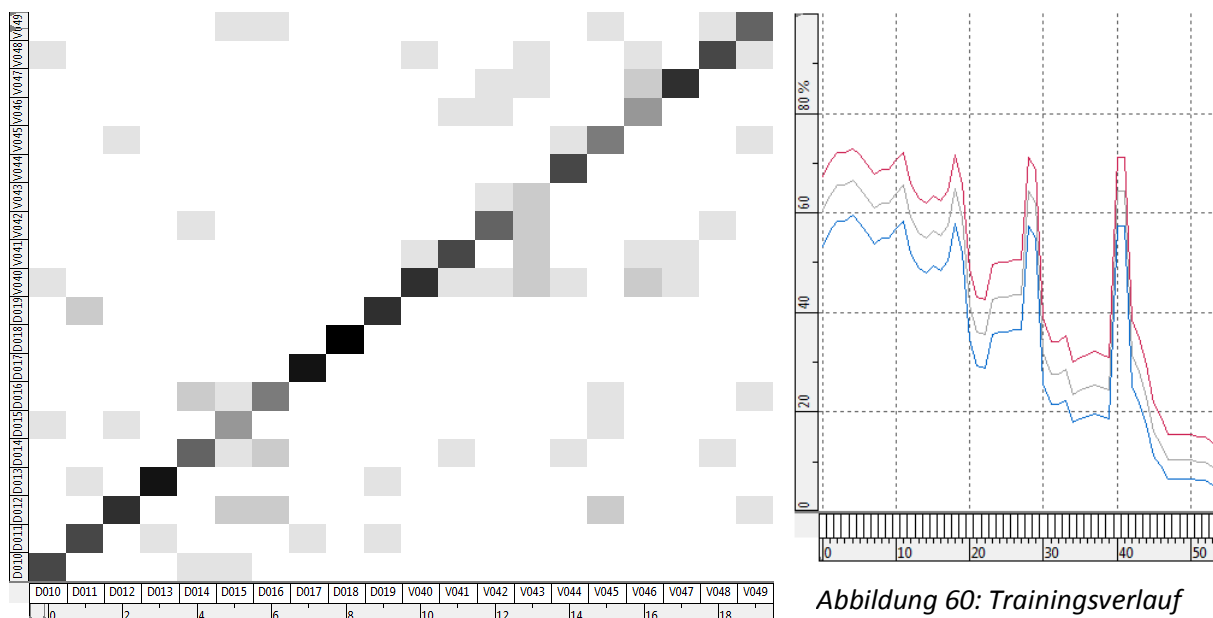


Abbildung 61: Verwechslungsmatrix Vorversuch002\_B  
HMM 1\_0

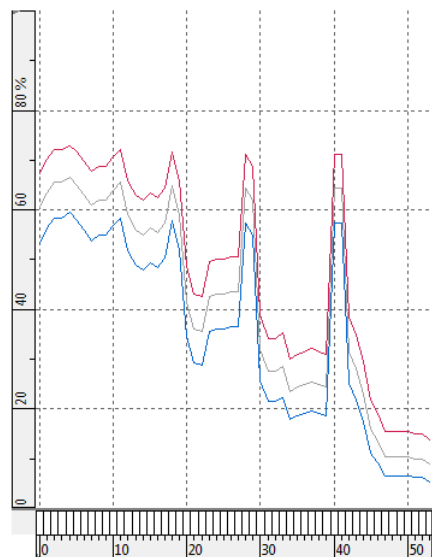


Abbildung 60: Trainingsverlauf  
Vorversuch002\_B

### 3.4.2.3. Vorversuch003\_B

Vorversuch003 wurde mit 5 HMM Zuständen trainiert.

Die beste Erkennungsquote betrug hierbei  $93,0^{+3,1}_{-4,5} \%$ .

Sie wurde in dem Modell HMM 3\_4 erreicht.

Es wurden 10 Testdaten je Klasse verwendet, sodass 200 Testdaten und 1003 Trainingsdaten verwendet wurden. Das bessere Verhältnis von Test- zu Trainingsdaten ist in der Verwechslungsmatrix deutlich erkennbar.

Model ID		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	...	...	...
0_*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	...	...	...	...
1_*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	...	...	...	...
2_*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	...	...	...	...
3_*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	...	...	...	...
4_*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	...	...	...	...
5_*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	...	...	...	...

Abbildung 62: beste Modelle Vorversuch003\_B

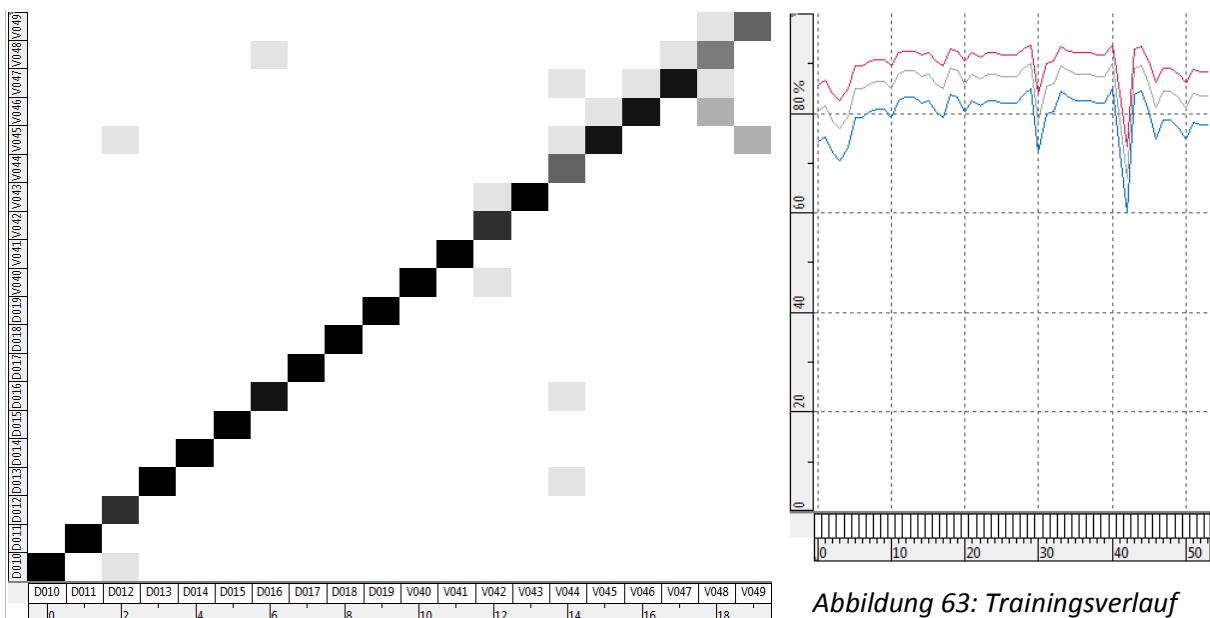


Abbildung 64: Verwechslungsmatrix Vorversuch003\_B  
HMM 4\_1

Abbildung 63: Trainingsverlauf  
Vorversuch003\_B

### 3.4.2.4. Versuch004\_B

Versuch004 wurde mit 5 HMM Zuständen trainiert.

Die beste Erkennungsquote betrug hierbei  $74,7^{+2,3}_{-2,4} \%$ .

Sie wurde in dem Modell HMM 3\_1 erreicht.

Es wurden 10 Testdaten je Klasse verwendet, sodass 1330 Testdaten und 6670 Trainingsdaten verwendet wurden.

Model ID		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	...	...	...
0_*	+ -														
1_*	+ -														
2_*	+ -														
3_*	+ -														
4_*	+ -														
5_*	+ -														

Abbildung 65: beste Modelle Versuch004\_B (nicht vollständig)

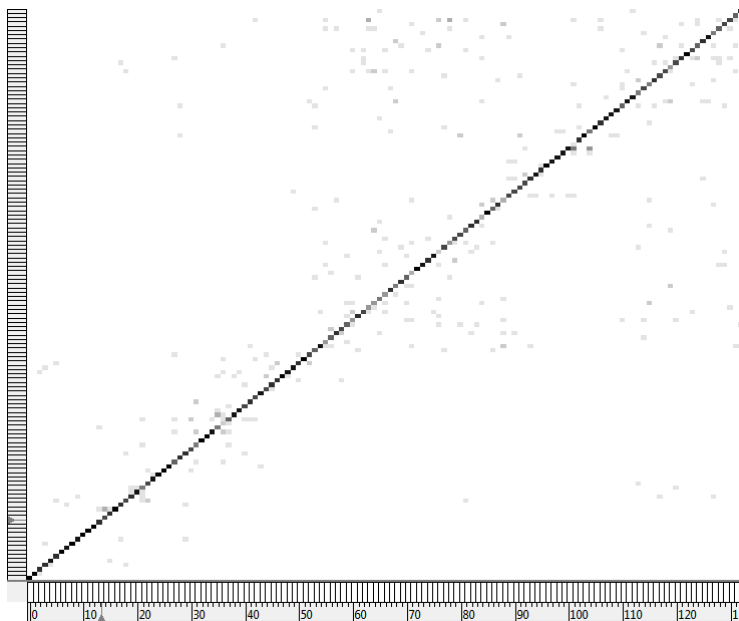


Abbildung 67: Verwechslungsmatrix Versuch004\_B HMM 3\_1 (bis Nr. 13 sind schadhafte Flaschen)

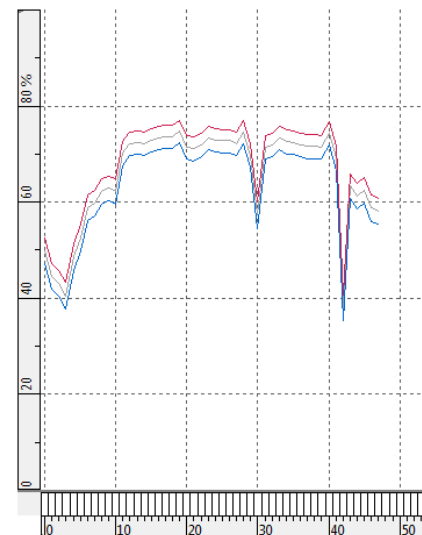


Abbildung 66: Trainingsverlauf Versuch004\_B (nicht vollständig)

### 3.4.3. Experiment C

Im Experiment C wurde davon ausgegangen, dass die zu testenden Flaschen vorher dem System unbekannt sind. Somit wurden die Testdaten und Trainingsdaten nach Flaschen gruppiert.

#### 3.4.3.1. Vorversuch001\_C

Vorversuch001 wurde mit 5 HMM Zuständen trainiert.

Die beste Erkennungsquote betrug  $79,2^{+7,2}_{-8,6} \%$ .

Sie wurde in dem Modell HMM 5\_0 erreicht.

Es wurden die Flaschen D012, D017, V046 und V047 zu je 30 Signaldaten für den Test verwendet, sodass 120 Testdaten und 480 Trainingsdaten verwendet wurden.

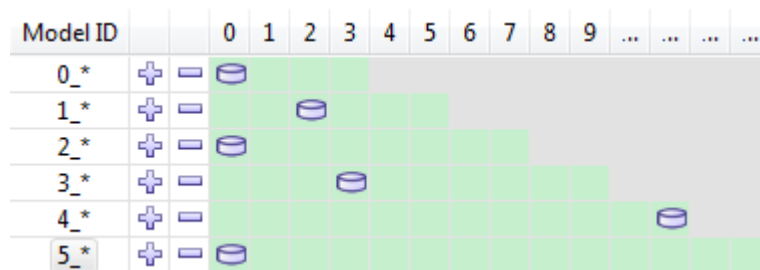


Abbildung 68: beste Modelle Vorversuch001\_C

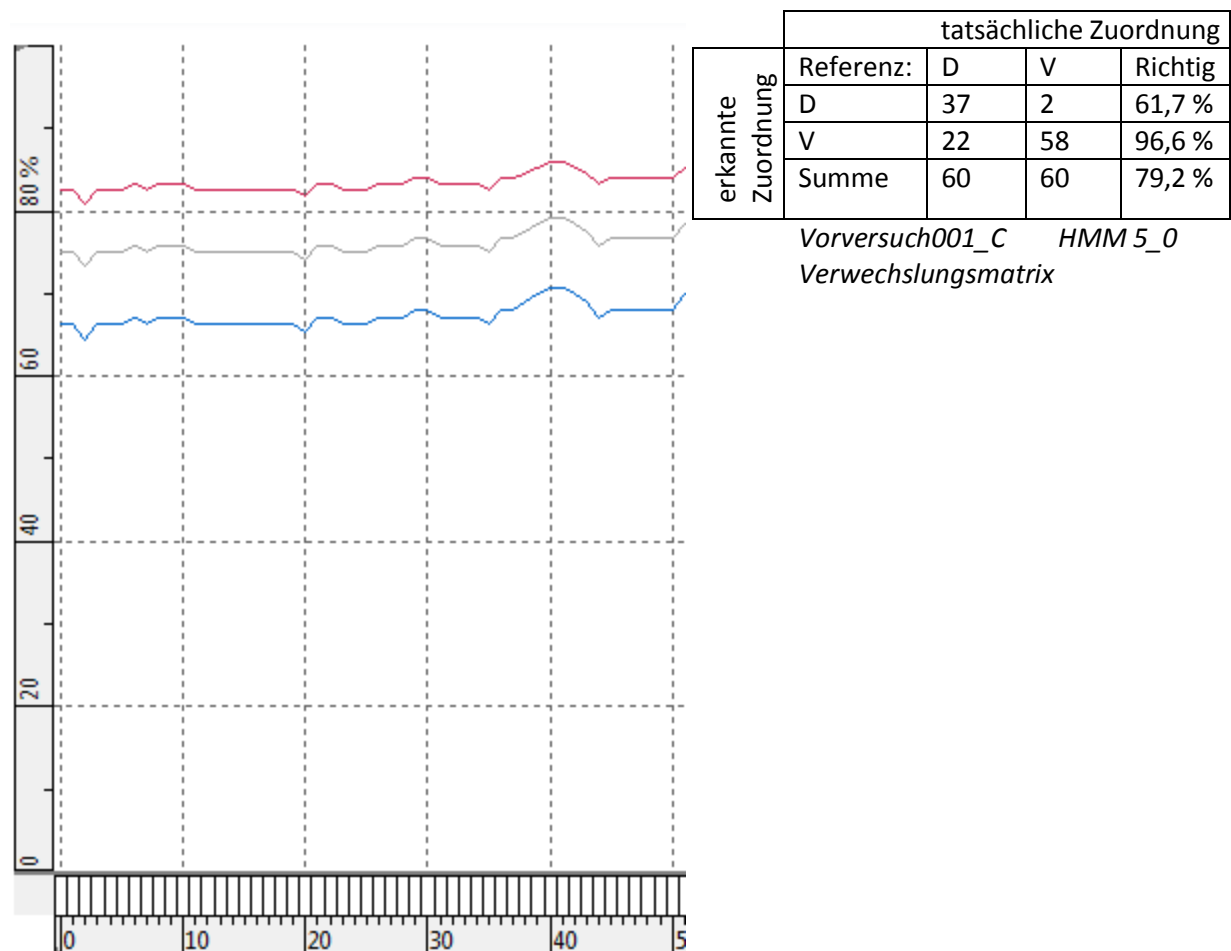


Abbildung 69: Trainingsverlauf Vorversuch001\_C

### 3.4.3.2. Vorversuch002\_C

Vorversuch002 wurde mit 5 HMM Zuständen trainiert.

Die beste Erkennungsquote betrug  $84,2^{+6,0}_{-7,8} \%$ .

Sie wurde in dem Modell HMM 2\_0 erreicht.

Es wurden die Flaschen D015, D019, V045 und V048 zu je 30 Signaldaten für den Test verwendet, sodass 120 Testdaten und 480 Trainingsdaten verwendet wurden.

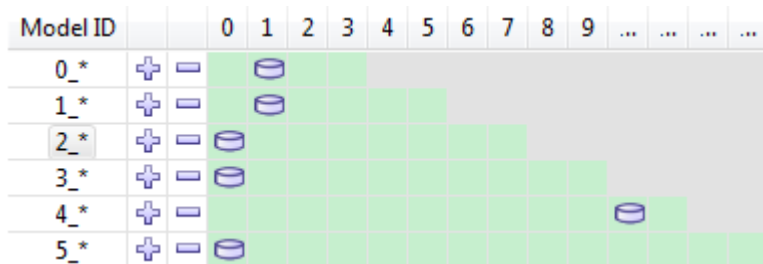
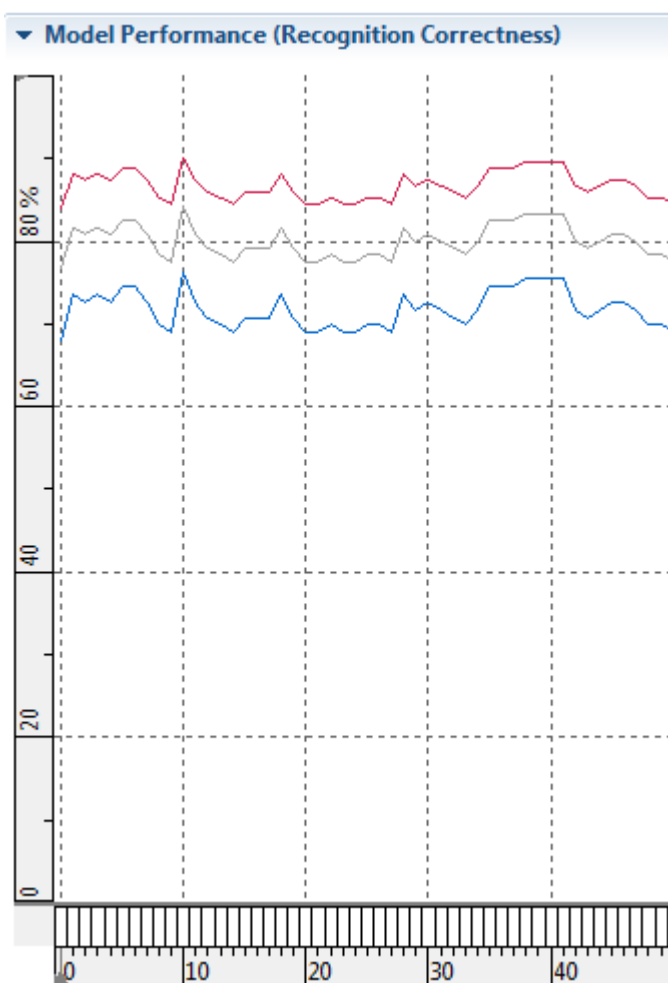


Abbildung 70: beste Modelle Vorversuch002\_C



		tatsächliche Zuordnung		
erkannte Zuordnung	Referenz:	D	V	Richtig
	D	46	5	76,7 %
	V	14	55	91,7 %
	Summe	60	60	84,2 %

Vorversuch002\_C HMM 2\_0  
Verwechslungsmatrix

Abbildung 71: Trainingsverlauf Vorversuch002\_C

### 3.4.3.3. Vorversuch003\_C

Vorversuch003 wurde mit 5 HMM Zuständen trainiert.

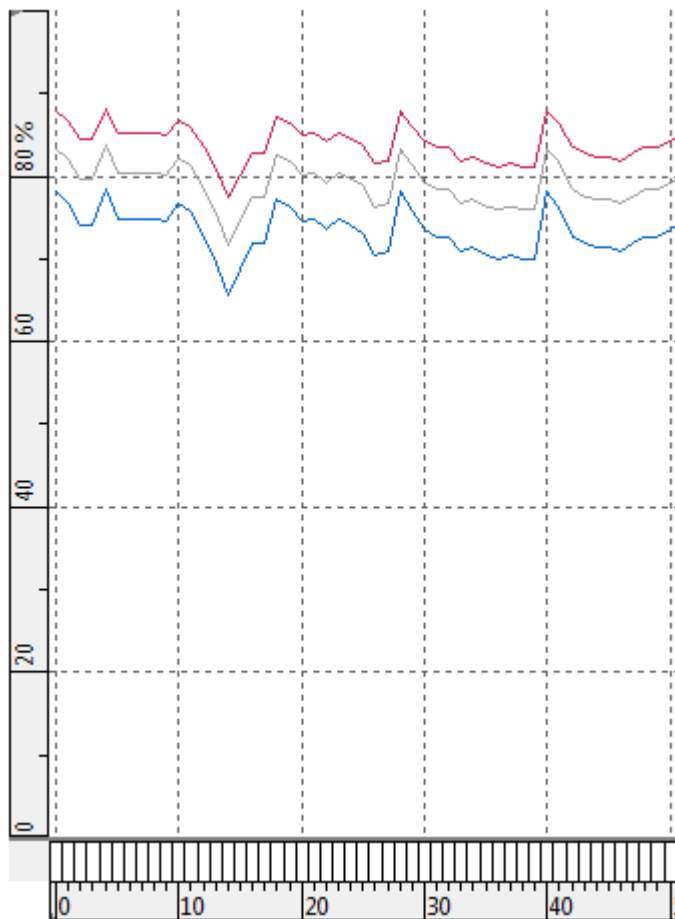
Die beste Erkennungsquote betrug  $83,8^{+4,4}_{-5,3} \%$ .

Sie wurde in dem Modell HMM 1\_0 erreicht.

Es wurden die Flaschen D012, D018, V040 und V045 zu je 60 Signaldaten für den Test verwendet, sodass 241 Testdaten und 962 Trainingsdaten verwendet wurden.

Model ID		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	...	...	...
0_*	+ -														
1_*	+ -														
2_*	+ -														
3_*	+ -														
4_*	+ -														
5_*	+ -														

Abbildung 72: beste Modelle Vorversuch003\_C



erkannte Zuordnung	tatsächliche Zuordnung			
	Referenz:	D	V	Richtig
	D	107	28	89,9 %
	V	12	93	76,9 %
	Summe	119	121	83,8 %

Vorversuch003\_C HMM 1\_0  
Verwechslungsmatrix

Abbildung 73: Trainingsverlauf Vorversuch003\_C



### 3.4.3.4. Versuch004\_C

Versuch004 wurde mit 5 HMM Zuständen trainiert.

Die beste Erkennungsquote betrug  $92,1^{+1,3}_{-1,4}\%$ .

Sie wurde in dem Modell HMM 3\_2 erreicht.

Es wurden die Flaschen B002, D010, D015, V041, V045, V048, V049, V056, V059, V061, V063, V065, V072, V073, V076, V094, V096, V101, V103, V111, V127, V127, V128, V132, V133, V135, V144 und V151 (also 25 Flaschen aus dem valid-Bereich) zu je 60 Signaldateien zum Test verwendet, insgesamt wurden 1629 Testdaten und 6376 Trainingsdaten verwendet.

Hier ist auffällig, dass die künstlich beschädigten Flaschen größtenteils als funktionierende Flaschen erkannt wurden, die original beschädigten hingegen fast alle korrekt zugeordnet wurden.

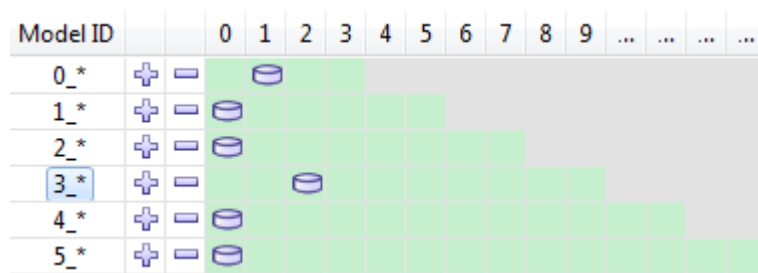
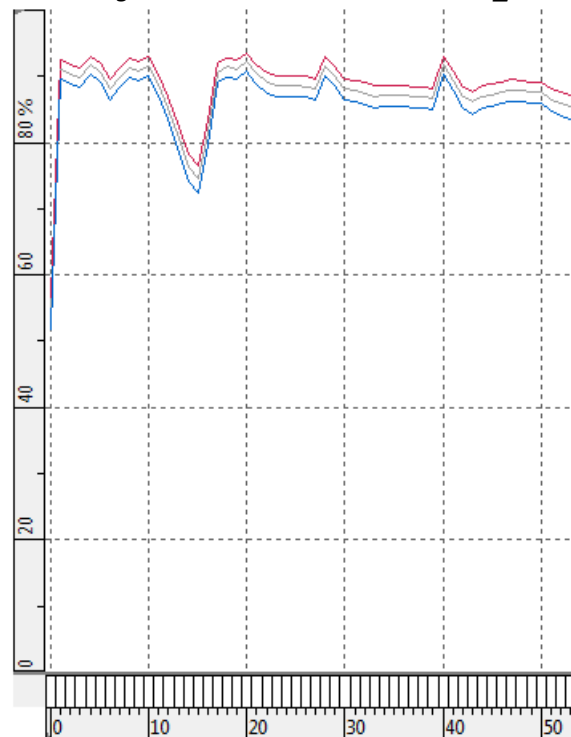


Abbildung 74: beste Modelle Versuch004\_C



		tatsächliche Zuordnung			
erkannte Zuordnung	Referenz:	B	D	V	Richtig
	B	54	0	10	90,0 %
	D	0	38	28	31,1 %
	V	6	85	1410	97,4 %
	Summe	60	122	1447	92,1 %

Versuch004\_C HMM 3\_2  
Verwechslungsmatrix

Abbildung 75: Trainingsverlauf Versuch004\_C

#### 4. Offline-Test des MiSIS-Mustererkenners

Zum Test des MiSIS-Mustererkenners wurden die Testdatensätze aus dem Modelltraining der Flaschen-Datenbasis (Abschnitt 3) verwendet. Die nachfolgende Tabelle stellt die Testergebnisse zusammen. Ergebnisse, welche auf mögliche Probleme hindeuten, sind rot markiert.

Testdaten		Testergebnisse			
Versuch	Modell-ID	UASR (Referenz) <sup>A)</sup>	UASR (GMM Mix) <sup>A)</sup>	Gleitkomma-Erkenner <sup>B)</sup>	Festkomma-Erkenner <sup>C)</sup>
bottles/Vorversuch001_A	0_1	78,8 <sup>+8,4</sup> <sub>-10,6</sub> %	78,8 <sup>+8,4</sup> <sub>-10,6</sub> %	78,8 <sup>+8,4</sup> <sub>-10,6</sub> %	60,0 <sup>+10,8</sup> <sub>-11,6</sub> %
	1_0	78,8 <sup>+8,4</sup> <sub>-10,6</sub> %	78,8 <sup>+8,4</sup> <sub>-10,6</sub> %		
	2_0	77,5 <sup>+8,6</sup> <sub>-10,7</sub> %	78,8 <sup>+8,4</sup> <sub>-10,6</sub> %		
	3_1	80,0 <sup>+8,1</sup> <sub>-10,4</sub> %	<b>80,0</b> <sup>+8,1</sup> <sub>-10,4</sub> %		
	4_3	81,3 <sup>+7,9</sup> <sub>-10,3</sub> %	61,3 <sup>+10,7</sup> <sub>-11,6</sub> %		
	5_0	<b>85,0</b> <sup>+6,0</sup> <sub>-9,7</sub> %	63,8 <sup>+10,5</sup> <sub>-11,5</sub> %		
bottles/Vorversuch001_B	0_1	59,0 <sup>+6,9</sup> <sub>-7,2</sub> %	59,0 <sup>+6,9</sup> <sub>-7,2</sub> %	63,0 <sup>+6,7</sup> <sub>-7,1</sub> %	58,5 <sup>+6,9</sup> <sub>-7,2</sub> %
	1_1	<b>64,5</b> <sup>+6,6</sup> <sub>-7,1</sub> %	61,5 <sup>+6,8</sup> <sub>-7,1</sub> %		
	2_0	64,5 <sup>+6,6</sup> <sub>-7,1</sub> %	<b>63,5</b> <sup>+6,7</sup> <sub>-7,1</sub> %		
	3_1	62,5 <sup>+6,7</sup> <sub>-7,1</sub> %	51,5 <sup>+7,1</sup> <sub>-7,2</sub> %		
	4_0	64,5 <sup>+6,6</sup> <sub>-7,1</sub> %	51,0 <sup>+7,1</sup> <sub>-7,1</sub> %		
	5_0	62,0 <sup>+6,8</sup> <sub>-7,1</sub> %	51,0 <sup>+7,1</sup> <sub>-7,1</sub> %		
bottles/Vorversuch001_C	0_0	75,0 <sup>+7,5</sup> <sub>-8,7</sub> %	<b>75,0</b> <sup>+7,5</sup> <sub>-8,7</sub> %	75,0 <sup>+7,5</sup> <sub>-8,7</sub> %	74,2 <sup>+7,6</sup> <sub>-8,8</sub> %
	1_2	75,8 <sup>+7,3</sup> <sub>-8,7</sub> %	71,7 <sup>+7,8</sup> <sub>-8,9</sub> %		
	2_0	75,8 <sup>+7,3</sup> <sub>-8,7</sub> %	70,8 <sup>+7,9</sup> <sub>-9,0</sub> %		
	3_3	75,8 <sup>+7,3</sup> <sub>-8,7</sub> %	50,0 <sup>+9,3</sup> <sub>-9,3</sub> %		
	4_11	78,3 <sup>+7,0</sup> <sub>-8,4</sub> %	50,0 <sup>+9,3</sup> <sub>-9,3</sub> %		
	5_0	<b>79,2</b> <sup>+6,9</sup> <sub>-8,4</sub> %	50,0 <sup>+9,3</sup> <sub>-9,3</sub> %		
bottles/Vorversuch002_A	0_3	91,3 <sup>+5,2</sup> <sub>-8,5</sub> %	<b>91,3</b> <sup>+5,2</sup> <sub>-8,5</sub> %	92,5 <sup>+4,7</sup> <sub>-8,1</sub> %	92,5 <sup>+4,7</sup> <sub>-8,1</sub> %
	1_2	93,8 <sup>+4,2</sup> <sub>-7,7</sub> %	88,8 <sup>+6,0</sup> <sub>-9,0</sub> %		
	2_0	93,8 <sup>+4,2</sup> <sub>-7,7</sub> %	87,5 <sup>+6,3</sup> <sub>-9,3</sub> %		
	3_4	95,0 <sup>+3,6</sup> <sub>-7,3</sub> %	85,0 <sup>+7,0</sup> <sub>-9,7</sub> %		
	4_4	<b>96,3</b> <sup>+3,0</sup> <sub>-6,8</sub> %	71,3 <sup>+9,6</sup> <sub>-11,2</sub> %		
	5_1	95,0 <sup>+3,6</sup> <sub>-7,3</sub> %	70,0 <sup>+9,7</sup> <sub>-11,3</sub> %		
bottles/Vorversuch002_B	0_2	65,5 <sup>+6,6</sup> <sub>-7,0</sub> %	65,5 <sup>+6,6</sup> <sub>-7,0</sub> %	67,0 <sup>+6,5</sup> <sub>-7,0</sub> %	54,0 <sup>+7,1</sup> <sub>-7,2</sub> %
	1_0	<b>66,5</b> <sup>+6,5</sup> <sub>-7,0</sub> %	66,0 <sup>+6,5</sup> <sub>-7,0</sub> %		
	2_1	65,5 <sup>+6,6</sup> <sub>-7,0</sub> %	66,0 <sup>+6,5</sup> <sub>-7,0</sub> %		
	3_0	65,0 <sup>+6,6</sup> <sub>-7,0</sub> %	<b>66,5</b> <sup>+6,5</sup> <sub>-7,0</sub> %		
	4_0	64,5 <sup>+6,6</sup> <sub>-7,1</sub> %	65,0 <sup>+6,6</sup> <sub>-7,0</sub> %		
	5_0	64,5 <sup>+6,6</sup> <sub>-7,1</sub> %	65,5 <sup>+6,6</sup> <sub>-7,0</sub> %		
bottles/Vorversuch002_C	0_1	81,7 <sup>+6,5</sup> <sub>-8,1</sub> %	<b>81,7</b> <sup>+6,5</sup> <sub>-8,1</sub> %	82,5 <sup>+6,3</sup> <sub>-8,0</sub> %	81,1 <sup>+6,5</sup> <sub>-8,1</sub> %
	1_1	82,5 <sup>+6,3</sup> <sub>-8,0</sub> %	80,0 <sup>+6,7</sup> <sub>-8,3</sub> %		
	2_0	<b>84,2</b> <sup>+6,0</sup> <sub>-7,8</sub> %	80,0 <sup>+6,7</sup> <sub>-8,3</sub> %		
	3_0	81,7 <sup>+6,5</sup> <sub>-8,1</sub> %	80,8 <sup>+6,6</sup> <sub>-8,2</sub> %		
	4_10	83,3 <sup>+6,2</sup> <sub>-7,9</sub> %	70,0 <sup>+8,0</sup> <sub>-9,0</sub> %		
	5_0	83,3 <sup>+6,2</sup> <sub>-7,9</sub> %	69,2 <sup>+8,1</sup> <sub>-9,1</sub> %		

bottles/Vorversuch003_A	0_3	81,3 <sup>+5,7</sup> <sub>-6,9</sub> %	81,3 <sup>+5,7</sup> <sub>-6,9</sub> %	81,9 <sup>+5,6</sup> <sub>-6,9</sub> %	80,6 <sup>+5,8</sup> <sub>-7,0</sub> %
	1_1	81,9 <sup>+5,6</sup> <sub>-6,9</sub> %	<b>81,9</b> <sup>+5,6</sup> <sub>-6,9</sub> %		
	2_6	88,1 <sup>+4,6</sup> <sub>-6,0</sub> %	50,0 <sup>+8,0</sup> <sub>-8,0</sub> %		
	3_0	87,5 <sup>+4,7</sup> <sub>-6,1</sub> %	50,0 <sup>+8,0</sup> <sub>-8,0</sub> %		
	4_0	86,9 <sup>+4,8</sup> <sub>-6,2</sub> %	50,0 <sup>+8,0</sup> <sub>-8,0</sub> %		
	5_12	<b>88,8</b> <sup>+4,4</sup> <sub>-5,9</sub> %	73,1 <sup>+6,7</sup> <sub>-7,6</sub> %		
bottles/Vorversuch003_B	0_1	81,5 <sup>+5,1</sup> <sub>-6,1</sub> %	<b>81,5</b> <sup>+5,1</sup> <sub>-6,1</sub> %	81,4 <sup>+5,2</sup> <sub>-6,1</sub> %	80,5 <sup>+5,3</sup> <sub>-6,2</sub> %
	1_4	86,5 <sup>+4,4</sup> <sub>-5,5</sub> %	34,0 <sup>+7,0</sup> <sub>-6,5</sub> %		
	2_2	88,5 <sup>+4,1</sup> <sub>-5,3</sub> %	23,5 <sup>+6,5</sup> <sub>-5,7</sub> %		
	3_0	89,0 <sup>+4,0</sup> <sub>-5,2</sub> %	23,5 <sup>+6,5</sup> <sub>-5,7</sub> %		
	4_1	<b>90,0</b> <sup>+3,8</sup> <sub>-5,0</sub> %	25,0 <sup>+6,6</sup> <sub>-5,8</sub> %		
	5_0	90,0 <sup>+3,8</sup> <sub>-5,0</sub> %	25,0 <sup>+6,6</sup> <sub>-5,8</sub> %		
bottles/Vorversuch003_C	0_0	83,4 <sup>+4,5</sup> <sub>-5,3</sub> %	<b>83,4</b> <sup>+4,5</sup> <sub>-5,3</sub> %	83,3 <sup>+4,5</sup> <sub>-5,3</sub> %	80,5 <sup>+4,8</sup> <sub>-5,6</sub> %
	1_0	<b>83,8</b> <sup>+4,4</sup> <sub>-5,3</sub> %	83,4 <sup>+4,5</sup> <sub>-5,3</sub> %		
	2_0	82,2 <sup>+4,6</sup> <sub>-5,4</sub> %	82,6 <sup>+4,6</sup> <sub>-5,4</sub> %		
	3_0	82,6 <sup>+4,6</sup> <sub>-5,4</sub> %	83,0 <sup>+4,5</sup> <sub>-5,4</sub> %		
	4_0	83,4 <sup>+4,5</sup> <sub>-5,3</sub> %	82,6 <sup>+4,6</sup> <sub>-5,4</sub> %		
	5_0	83,4 <sup>+4,5</sup> <sub>-5,3</sub> %	83,4 <sup>+4,5</sup> <sub>-5,3</sub> %		
bottles/Versuch004_A	0_1	<b>79,6</b> <sup>+5,2</sup> <sub>-5,9</sub> %	<b>79,6</b> <sup>+4,9</sup> <sub>-5,7</sub> %	78,8 <sup>+5,0</sup> <sub>-5,7</sub> %	79,2 <sup>+5,0</sup> <sub>-5,7</sub> %
	1_0	78,8 <sup>+5,0</sup> <sub>-5,7</sub> %	79,2 <sup>+5,0</sup> <sub>-5,7</sub> %		
	2_0	78,8 <sup>+5,0</sup> <sub>-5,7</sub> %	78,8 <sup>+5,0</sup> <sub>-5,7</sub> %		
	3_0	78,8 <sup>+5,0</sup> <sub>-5,7</sub> %	77,9 <sup>+5,1</sup> <sub>-5,8</sub> %		
	4_0	77,9 <sup>+5,1</sup> <sub>-5,8</sub> %	78,8 <sup>+5,0</sup> <sub>-5,7</sub> %		
	5_0	77,1 <sup>+5,2</sup> <sub>-5,8</sub> %	77,5 <sup>+5,1</sup> <sub>-5,8</sub> %		
bottles/Versuch004_B	0_0	49,8 <sup>+2,7</sup> <sub>-2,7</sub> %	<b>49,8</b> <sup>+2,7</sup> <sub>-2,7</sub> %	49,9 <sup>+2,7</sup> <sub>-2,7</sub> %	n/a <sup>D)</sup>
	1_5	62,9 <sup>+2,6</sup> <sub>-2,7</sub> %	8,5 <sup>+1,6</sup> <sub>-1,4</sub> %		
	2_7	73,7 <sup>+2,3</sup> <sub>-2,5</sub> %	5,6 <sup>+1,4</sup> <sub>-1,2</sub> %		
	3_1	74,4 <sup>+2,3</sup> <sub>-2,4</sub> %	6,0 <sup>+1,4</sup> <sub>-1,2</sub> %		
	4_0	<b>74,6</b> <sup>+2,3</sup> <sub>-2,4</sub> %	6,0 <sup>+1,4</sup> <sub>-1,2</sub> %		
	5_0	74,4 <sup>+2,3</sup> <sub>-2,4</sub> %	5,9 <sup>+1,4</sup> <sub>-1,2</sub> %		
bottles/Versuch004_C	0_1	91,2 <sup>+1,3</sup> <sub>-1,5</sub> %	91,2 <sup>+1,3</sup> <sub>-1,5</sub> %	91,5 <sup>+1,3</sup> <sub>-1,5</sub> %	91,1 <sup>+1,3</sup> <sub>-1,5</sub> %
	1_0	91,8 <sup>+1,3</sup> <sub>-1,4</sub> %	<b>91,6</b> <sup>+1,3</sup> <sub>-1,5</sub> %		
	2_0	91,6 <sup>+1,3</sup> <sub>-1,5</sub> %	91,5 <sup>+1,3</sup> <sub>-1,5</sub> %		
	3_2	<b>92,1</b> <sup>+1,3</sup> <sub>-1,4</sub> %	89,2 <sup>+1,5</sup> <sub>-1,6</sub> %		
	4_0	91,6 <sup>+1,3</sup> <sub>-1,5</sub> %	89,3 <sup>+1,5</sup> <sub>-1,6</sub> %		
	5_0	91,8 <sup>+1,3</sup> <sub>-1,4</sub> %	89,2 <sup>+1,5</sup> <sub>-1,6</sub> %		

A) UASR-Experimentiersystem, dLabPro VID: 9B32E4A (64 Bit Linux), UASR VID: 3C681BB

B) dLabPro-Anwendung recognizer.exe (64 Bit Windows), VID: 9B32E4A

C) dLabPro-Anwendung recfix.exe (64 Bit Windows), VID: 4773467

D) Modell zu groß (>128 Mischverteilungen)

#### 4.1. Erläuterungen zu den Testergebnissen

Als Testergebnisse sind die Gesamt-Erkennquoten der zwölf Versuche der Bottles-Datenbasis angegeben (Details siehe Abschnitt 3.3).

### UASR (Referenz)

Diese Ergebnisse wurden bei der Modellevaluation im Rahmen des automatischen Lernens mit dem UASR-Experimentiersystem auf einer 64-Bit Linux Maschine erhalten. Sie dienen als Referenzwerte für die anderen Ergebnisse. Die angegebenen Erkennquoten können aufgrund des unterschiedlichen Betriebssystems minimal von den in der „MiSIS Model Training“-Software (64-Bit Windows) erhalten abweichen.

### UASR (GMM Mix)

Der Mustererkenner im UASR-Experimentiersystems verwendet beim Training voll vernetzte Hidden-Markov-Automaten mit je einer Gaußverteilung pro Zustandsübergang nach [HW15b, S. 250, Abb. 10.10c]. Aus Gründen der rechentechnischen Effizienz wird diese Struktur für die Verwendung der akustischen Modelle im MiSIS-Gerät durch Gaußschen Mischverteilungsdichten nach [HW15b, S. 250, Abb. 10.10a] approximiert. Die Testergebnisse nach der Modell-Approximation sind in der Spalte „UASR (GMM Mix)“ aufgeführt. Sie wurden wie folgt erhalten:

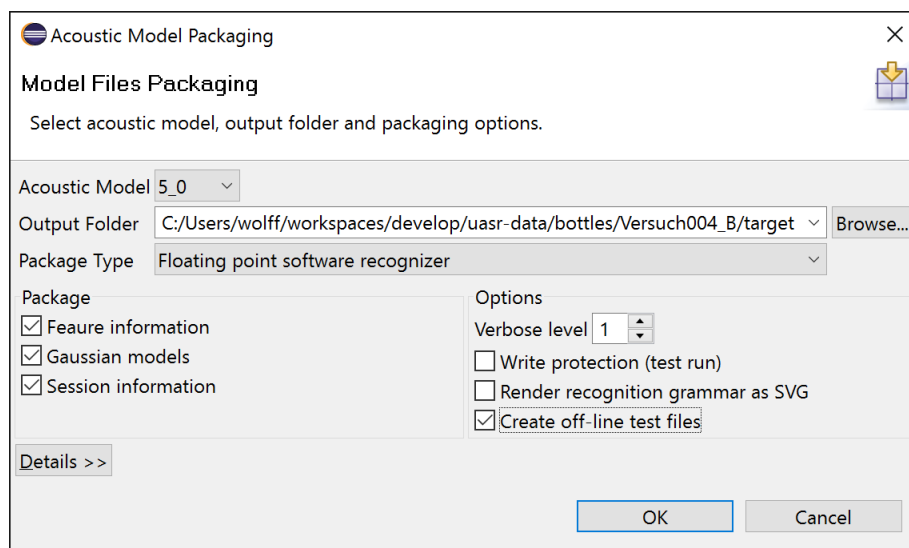
```
> cd <bottles-home>
> dlabpro common/scripts/dlabpro/HMM_MIXEVAL.xtp
  <Versuch>/info/<Versuch>.mcfg -Pam.model=<Modell-ID>
```

Die Modell-Approximation kann in Einzelfällen zu einer deutlichen Verschlechterung der Erkennleistung führen. Dieser Effekt ist verfahrenstechnisch bedingt und deutet nicht auf einen Implementationsfehler hin. Entscheidend für die Einschätzung der korrekten Implementation ist die Gleichheit der Testergebnisse „UASR (GMM Mix)“ und „Gleitkomma-Erkenner“.

### Gleitkomma-Erkenner

In dieser Spalte sind die Erkennquoten des Gleitkomma-Stand-Alone-Erkenners aus der dLabPro-Toolbox angeben. Diese müssen identisch mit den Ergebnissen der Spalte „UASR (GMM Mix)“ sein.

Die Ergebnisse wurden durch Packen des akustischen Modells für den Gleitkomma-Erkenner in der „MiSIS Model Training“-Software



(Achtung: Option „Create off-line test files“ muss gewählt sein!) und anschließendes Ausführen von

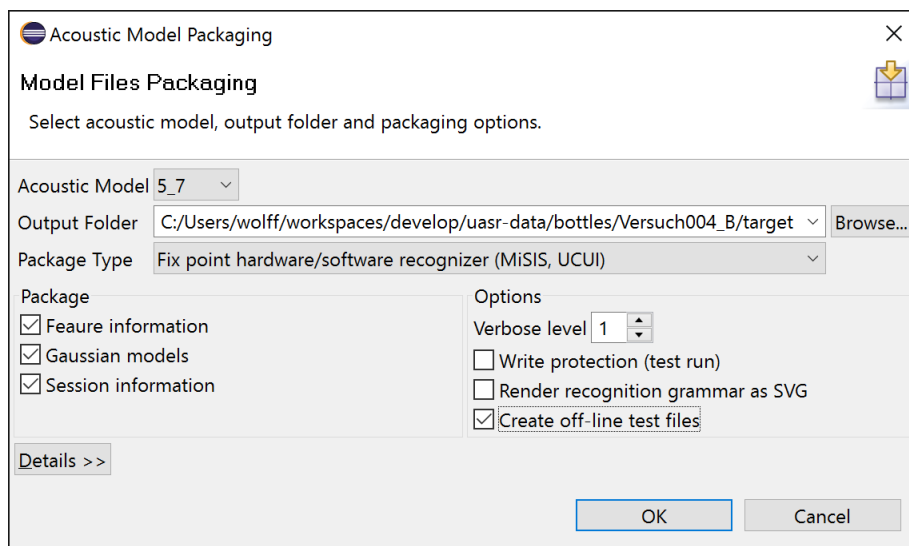
```
> cd <bottles-home>/<Versuch>/target
> recognizer.exe -cfg offline-testing/recognizer.cfg
  offline-testing/test_wav.flst
```

erhalten.

## Festkomma-Erkenner

In dieser Spalte sind die Erkennquoten des Gleitkomma-Stand-Alone-Erkenner aus der dLabPro-Toolbox angeben. Aufgrund der Festkomma-Arithmetik sind leichte bis mäßige Abweichungen dieser Ergebnisse leicht von denen des Gleitkomma-Erkenner normal. Die Ergebnisse des MiSIS-Hardware-erkenner sollten identisch mit den hier aufgelisteten Werten sein.

Die Ergebnisse wurden durch Packen des akustischen Modells für den Festkomma-Erkennen in der „MiSIS Model Training“-Software



(Achtung: Option „Create off-line test files“ muss gewählt sein!) und anschließendes Ausführen von

```
> cd <bottles-home>/<Versuch>/target  
> recfix.exe recfix.cfg offline-testing/test_wav.flst
```

erhalten.

Für alle Tests wurden folgende Normierungseinstellungen verwendet (siehe Konfigurationsdateien <Versuch>/info/<Versuch>.mcfg):

```
uasr.recfix.nrm.frm = 0.2;  
uasr.recfix.nrm.trf = 4;  
uasr.recfix.nrm.fil = 3;  
uasr.recfix.nrm.dlt1 = 5;  
uasr.recfix.nrm.dlt2 = 8;  
uasr.recfix.nrm.pca = 16;  
uasr.recfix.trg.mode = 0;
```

## 4.2. Fazit der Offline-Tests

Die durchgeführten Tests ergaben keine Hinweise auf schwerwiegende algorithmische Probleme.

Es wird die Prüfung folgender potenzieller Probleme empfohlen:

1. Verwendung von Mischverteilungsdichten – Spalte „UASR (GMM Mix)“ – verschlechtert die Erkennquote in einigen Versuchen erheblich. Das Problem kann durch Einfügen des Schlüssels

```
uasr.am.train.act0 = "split,mix";
```

in die Konfigurationsdateien (<Versuch>.mcfg) behoben werden.

- Bei den Versuchen „Vorversuch001\_A“ und „Vorversuch002\_B“ ist die Erkennquote des Festkomma-Erkenners deutlich schlechter als die des Gleitkomma-Erkenners. Vermutliche Ursache sind suboptimale Normierungseinstellungen.

## 5. LabView-Instrument „Mikrofonfeld“

Neben der verwendeten Hardware wurde die bekannte LabView Entwicklerumgebung zur grafischen Erstellung der Messaufgaben eingesetzt. Das erzeugte Virtuelle Instrument „Mikrofonfeld“ ist in der Abbildung 76 dargestellt und erfüllt folgende Aufgaben:

- Triggerung auf Schallereignis, threshold value ab 1 Pa Schalldruckpegel erfolgt 1 s Aufnahme
- Aufzeichnung der 4 Signalverläufe von den Eingangskanälen ai\_0 bis ai3
- Aufzeichnung des Modalhammer-Impulses OUT\_force als txt-Datei (Metadatei) sowie der Signalverlauf des Modalhammers als WAV-Datei.
- Summenbildung und Aussteuerung mittels Schieberegler OUT
- Einzelkanäle des Arrays werden ebenfalls aufgezeichnet
- Dateiablage im Speicherpfad als nummerierte Wave-Dateien, 48 kHz in 16 Bit mono
- Wiedergabe der Files über OUT sowie OUT\_ai(x) und Drehregler möglich
- Auswahlknöpfe für Modus Aufnahme/Wiedergabe frei kombinierbar

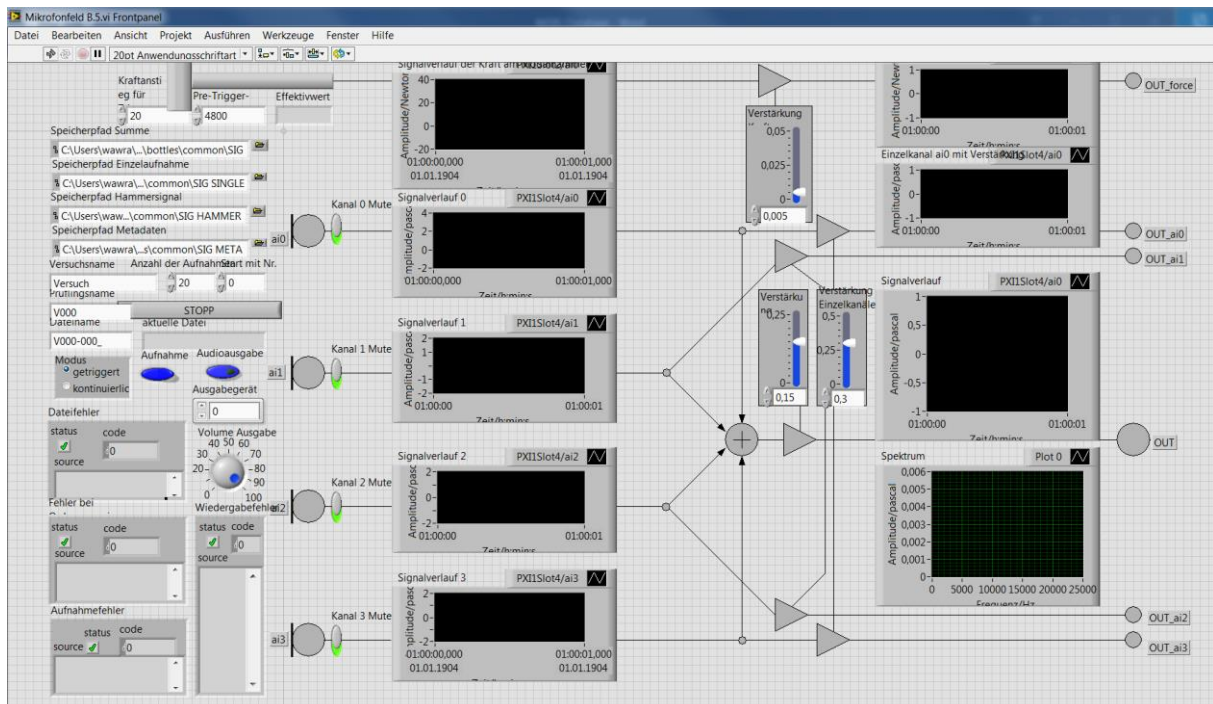


Abbildung 76: Virtuelles Instrument "Mikrofonfeld"



## 6. Hilfsprogramme „Fileoperations“ und „NameToFile“ im Package utilities

Dieses Programm wurde geschrieben, um die Handhabung der Dateien zu vereinfachen. Die meisten dieser Funktionalitäten werden von der grafischen MiSiS Oberfläche bzw. dem Plugin übernommen.

Trotzdem hier eine kurze Beschreibung der Funktionen.

Das Programm wird über die Konsole bedient, die Nutzereingaben werden in Klammern angegeben, z.B. „(1)“ für die Eingabe der Ziffer „1“.

Der Menüpunkt (1) generiert die all.flst aus den Unterordnern des angegebenen Verzeichnisses. Dabei werden nur Ordner mit den Prefixen „B“, „D“ und „V“ akzeptiert, bzw. in dem Programm aus dem coins-Repository die Ordner mit dem Prefix „C“. Die Funktion der Verwendung von Einzelaufnahmen funktioniert nur in der Version aus dem coins-Repository, dort werden dann nur die Ordner mit dem Prefix „E“ akzeptiert. Die Standarddateipfade können in Zeile 393 editiert werden. Anstelle dieser Funktion wird die Verwendung der grafischen Oberfläche empfohlen.

Der Menüpunkt (2) generiert eine durch Zeilenumbrüche getrennte Textdatei, in der die Werte zum Konfidenzintervall und der Erkennquote zusammengefasst werden. Die Werte kann man z.B. im Training der Modelle mit HMM.xtp gewinnen. Das Programm filtert nach den Zeilen, die den String „Correctness“ enthalten und schreibt die Modellnummer sowie die Quote und das positive und negative Konfidenzintervall (ohne Vorzeichenangabe) in eine Zeile. Dieser Menüpunkt ist in beiden Repositories identisch, im bottles-Repository kann der Standardpfad in Zeile 417 editiert werden.

Der Menüpunkt (3) kopiert die Angabe des Hammersignals aus den Dateien in eine txt-Datei, dieser Punkt kann dank des aktualisierten „Mikrofonfeld B.5.vi“ ignoriert werden.

Der Menüpunkt (4) bezieht sich ebenfalls auf die frühere Angabe des Hammersignales in den Dateinamen und hat sie aus den Dateinamen entfernt, auch dieser Programmpunkt kann ab dem „Mikrofonfeld B.5.vi“ ignoriert werden.

Der Menüpunkt (e) beendet das java-Programm.

„NameToFile“ ist ein Unterprogramm von „Fileoperations“ und realisiert die Menüpunkte (3) und (4).

## 7. Literatur

[HW15b] R. Hoffmann, M. Wolff: Intelligente Signalverarbeitung 2: Signalerkennung, 2. Auflage. Springer Vieweg, 2015. ISBN 978-3-662-46725-1.

## 8. Anhang

### 8.1. Dateistruktur coins-Repository

```
coins
+----common
|
| +----scripts
| |
| | \---dlabpro
| | |
| | | +---MAKE_LIVE_MODELS.xtp
| | | \---MAKEFLST.xtp
| | \---sig
| |
| | +----test
| | |
| | | +----test
| | | |
| | | | \---testE
| | |
| | | +----Versuch1Experiment1
| | | |
| | | | +---C001
| | | | +---C002
| | | | +---C005
| | | | +---C010
| | | | +---C020
| | | | +---C050
| | | | +---C100
| | | | +---C200
| | | | +---CSIL
| | | | +---E001
| | | | +---E002
| | | | +---E005
| | | | +---E010
| | | | +---E020
| | | | +---E050
| | | | +---E100
| | | | +---E200
| | | | \---ESIL
| | |
| | | +----Versuch2Experiment1
| | | +----Versuch2Experiment2
| | | +----Versuch2Experiment3
| | | +----Versuch3Experiment1
| | | +----Versuch3Experiment2
| | | +----Vorlage
| | | \---Vorversuch
|
| # Wurzelverzeichnis der Datenbasis
| # gemeinsam genutzte Dateien in diesem Verzeichnis
|
| # dlabpro-Skripts
| # Skript fuer automatisierte LIVE-Erkennung
| # Skript fuer Erstellung der Test- und Trainingsfilelists
| # Ordner fuer Audiodaten, muss nachtraeglich importiert werden
| # Ordner fuer temporaere Aufnahme-dateien, z.B. fuer die LIVE-Erkennung
|
| # Versuch1, 1. Aufnahme
| # Ordnerstruktur: jede Münzklasse hat der Uebersicht halber...
| # ...einen eigenen Ordner, in dem die wave-Dateien enthalten sind, ...
| # ...sie sind sie nach dem Wert der Muenzen in Cent benannt, ...
| # ...einzelne Muenzen unterscheiden sich in ihrem Praefix, welches...
| # ...den Index sowie den Buchstaben des EU-Landes enthält
|
| # beinhaltet Aufnahmen von Stille
| # Die Ordner beginnend mit E enthalten die Aufnahmen der einzelnen ...
| # ...Mikrofone, falls man nachtraeglich Einzelaufnahmen verwenden will
|
| # Von einigen Versuchen wurden mehrere Experimente durchgefuehrt, ...
| # ...da zu Testzwecken zuerst weniger Signale erfasst wurden, ...
| # ...alle Signale der einzelnen Experimente liegen im common Ordner um...
| # ...eine einfachere Verwaltung der Signal-Dateien zu ermöglichen.
```

```

+---manual
|
| +---automatic
| +---resources
| +---home.html
| \---BA.pdf
+---src
|
| +---de
| | \---tucottbus
| | \---kt
| | \---uasr_data_coins
| | \---CoinsRecognizer.java # Datei zur LIVE-Erkennung der Muenzen
|
| +---gui
| | +---decodeMessage.java
| | +---gui.java
| | \---WindowClosingAdapter.java
| +---img
| \---utilities
| \---filoperations.java
+---Versuch1
|
| +---flists
| | +---all.flst
| | +---test.flst
| | \---train.flst
| +---info
| | +---classes.txt
| | +---Versuch1.mcfcg
| +---log
| \---model
+---Versuch2
+---Versuch3
\---Vorversuch

# enhaelt die Hilfedateien
# Ordner für HTML-Hilfe
# Bildmaterial der HTML Hilfe
# Startseite der HTML-Hilfe
# pdf der dazugehoerigen Bachelorarbeit (ausfuhrlichere Beschreibung)

# wandelt Ausgabe von CoinsRecognizer in Daten fuer gui.java um
# graphische Ausgabe der Muenze und vorherigen erkannten Muenzen
# Hilfsklasse zum Beenden von gui
# Bildresourcen der Muenzen

# erstellt Filelisten und wandelt log-Dateien um

# Verzeichnis mit den Filelisten fuers Training des aktuellen Versuchs
# Filelist für alle dem Experiment angehoerigen Dateien
# zum Test gehoerige Dateien
# Dateien für Training, dürfen keine Test-Dateien enthalten
# Konfigurationsdateien fuer HMM-Training sowie LIVE-Erkennung
# gibt an, welche Klassen mit jeweils wie vielen HMM-Zuständen trainiert werden
# zentrale Datei zum Verwalten des Versuches mit der MiSIS-Oberfläche/Plugin
# log-Dateien des entsprechenden Experimentes
# Modelle des entsprechenden Experimentes
# weitere Versuche

# wurde zum Bestätigen der Machbarkeit der Versuche durchgeführt

```

## 8.2. Dateistruktur bottles-Repository

[illegible]

```

| +---sig_single
| | +---Versuch004
| | | +---B001
| | | | +---B001-000_0000.ai0.wav
| | | | +---B001-000_0000.ai1.wav
| | | | +---B001-000_0000.ai2.wav
| | | | +---B001-000_0000.ai3.wav
| | | ...
| | | +---Vorversuch001
| | | +---Vorversuch002
| | | | \---Vorversuch003
| | | \---Vorlage
| | +---manual
| | +---Dateistruktur
| | | \---MiSIS-Database
| +---src
| | \---utilities
| | | +---filooperations.java
| | | | \---NameToFile.java
| | | | \---Mikrofonfeld B.5
| +---Versuch004_A
| +---Versuch004_B
| | +---flists
| | | \---info
| | | | +---classes.txt
| | | | \---Versuch004_B.mcfcg
| +---Versuch004_C
| | +---flists
| | | +---all.flst
| | | +---test.flst
| | | | \---train.flst
| | | +---info
| | | | +---classes.txt
| | | | \---Versuch004_C.mcfcg
| | +---log
| | | \---model
| +---Vorversuch001_A
| +---Vorversuch001_B
| +---Vorversuch001_C
| +---Vorversuch002_A
| +---Vorversuch002_B
| +---Vorversuch002_C
| +---Vorversuch003_A
| +---Vorversuch003_B
| +---Vorversuch003_C

```

# beinhaltet die einzelnen WAV-Dateien der Mikrofone  
# die Struktur ist analog zu dem sig Verzeichnis, ...

# ... nur wurden hier für jede Aufnahme 4 WAV-Dateien erstellt, ...  
# ... die die Nummerierung der Mikrofone zu den Eingängen ...  
# ... ai0 bis ai3 als Endung vor der .wav Endung eingefügt haben.

# Einzelaufnahmen liegen für alle 4 Versuche vor

# eine leere Ordnerstruktur von Versuch004  
# enhaelt die Hilfedateien  
# dieses Dokument  
# ausführliche Beschreibung der Datenbasis

# erstellt Filelisten und wandelt log-Dateien um, Main auch für NameToFile.java  
# wurde für Hammersignaldaten benutzt, ist ab Mikrofonfeld B.5 nicht mehr nötig  
# vi zur Erstellung der Aufnahmen

# dieser Ordner sollte bei einem neuen Versuch leer sein  
# dieser Ordner muss mit 2 Dateien befüllt sein:  
# gibt an, wie viele Klassen mit jeweils wie vielen HMM-Zuständen trainiert werden  
# zentrale Datei zum Verwalten des Versuches mit MiSIS-Oberflaeche/Plugin

# Verzeichnis mit den Filelisten fuer Training des aktuellen Versuchs  
# Filelist für alle dem Experiment angehörigen Dateien  
# zum Test gehörige Dateien  
# Dateien für Training, dürfen keine Test-Dateien enthalten  
# Konfigurationsdateien fuer HMM-Training

# die mcfg-Datei sollte als einzige für einen neuen Versuch editiert werden  
# hier können Informationen zum Training und den Modellen mit dem MiSIS-Plugin abgerufen werden  
# hier werden die eigentlichen Model-Daten gespeichert, die für eine Erkennung nötig sind

# für jeden (Vor-)Versuch wurden 3 Experimente durchgeführt:  
# \_A: eine Erkennung der Klassen B,C,V durch zufälliger ungruppierter Auswahl pro Prüfung  
# \_B: eine Erkennung der jeweiligen Flasche durch zufällige Auswahl pro Prüfung,  
# \_C: eine Erkennung der Klassen B,C,V durch zufällige Wahl nach Prüfung gruppierter Werte

# es wurden 3x3 Vorversuche und 3x1 Versuch durchgeführt