



Bildverarbeitung und Robotik

Grenzen des Deep Learning

Neue Wege in Bildverarbeitung und Robotik

Dr. Carsten Cruse

CLK GmbH
Zur Steinkuhle 3
48341 Altenberge
cruse@clkgmbh.de
Tel.: 02505 93620-10

- Gegründet 1996
 - 17 Mitarbeiter
- DIN ES ISO 9001:2008 zertifiziert

Schwerpunkt:

Automatisierung mittels
Bildverarbeitung & Robotik

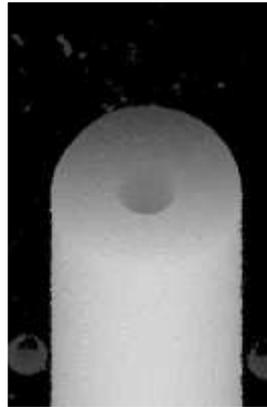


CLK GmbH
Zur Steinkuhle 3
48341 Altenberge
info@clkgmbh.de
Tel.: 02505 93620-10

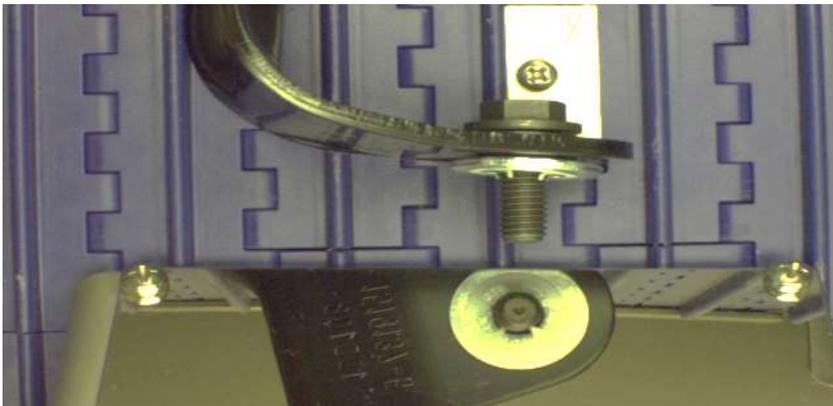
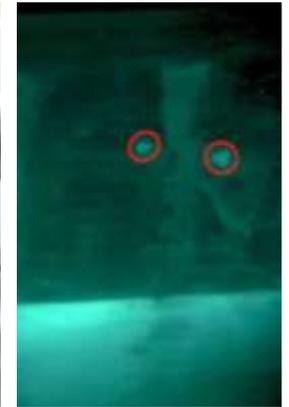
Sonderentwicklungen in der Bildverarbeitung



3D-Kontrolle von Isolationen



Lunkerprüfung



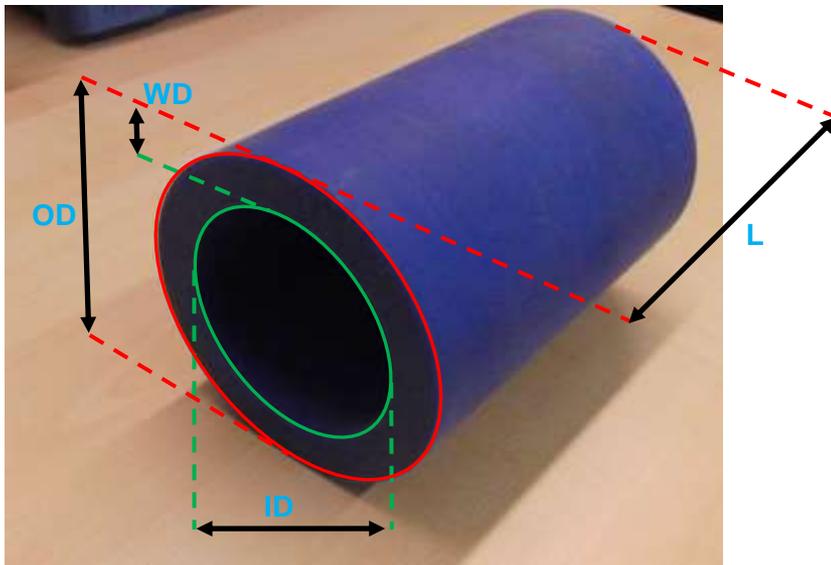
Vollständigkeitsprüfung



Längenbestimmung

Beispiel

- High-Speed Messung (30 m/min) der Isolationsschläuche auf 0,1 mm Genauigkeit
- Freiform (rund, elliptisch, brach), bis zu 12 Schläuche gleichzeitig

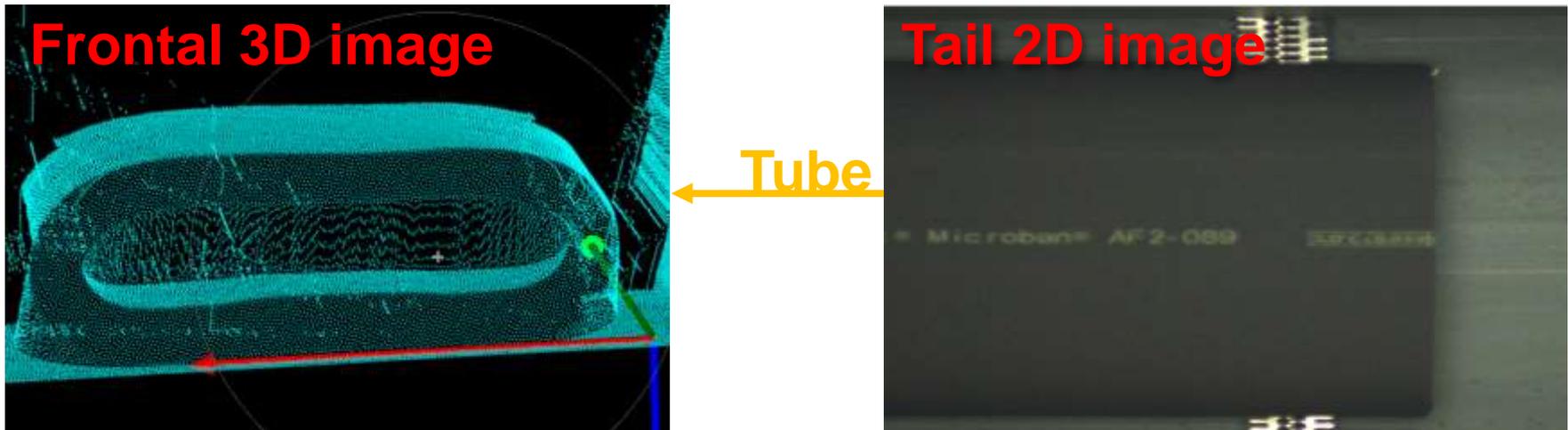
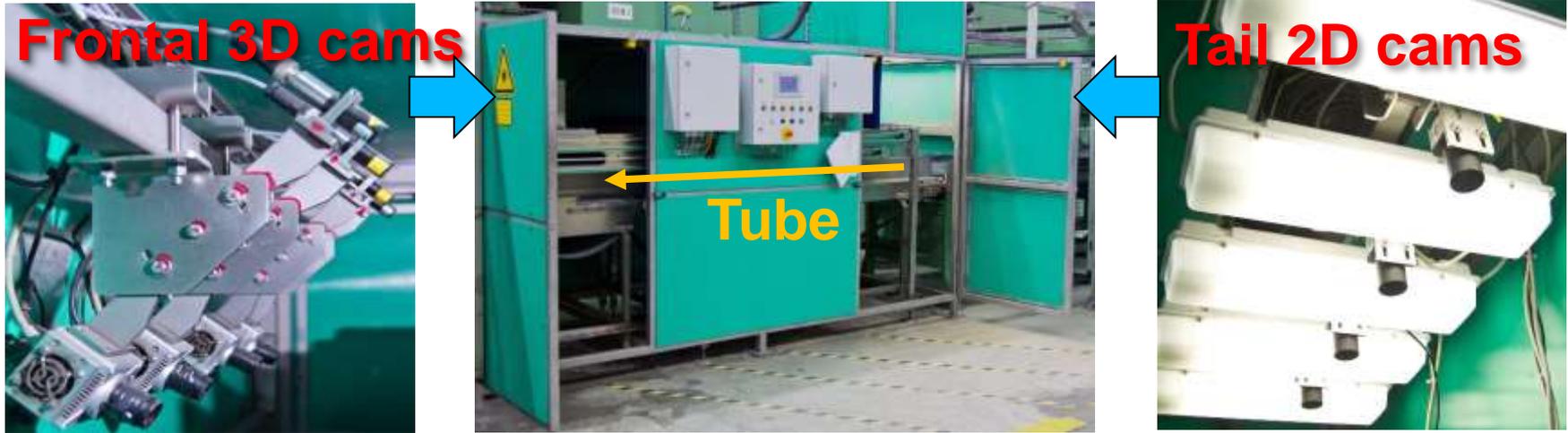


Referenzobjekt mit eingezeichneten Maßpunkten



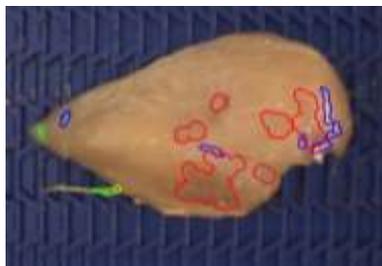
Beispielschläuche

Beispiel: Schlauchvermessung



Bildverarbeitung in der Lebensmittelindustrie und Landwirtschaft

Tier- und Pflanzenbewertung



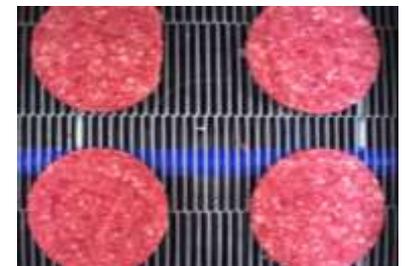
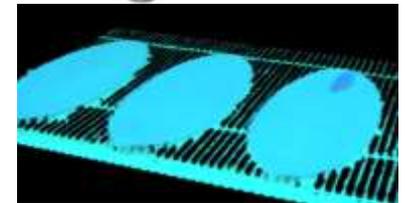
Brustfiletkontrolle



Fußkontrolle



Eierkontrolle



Pattykontrolle



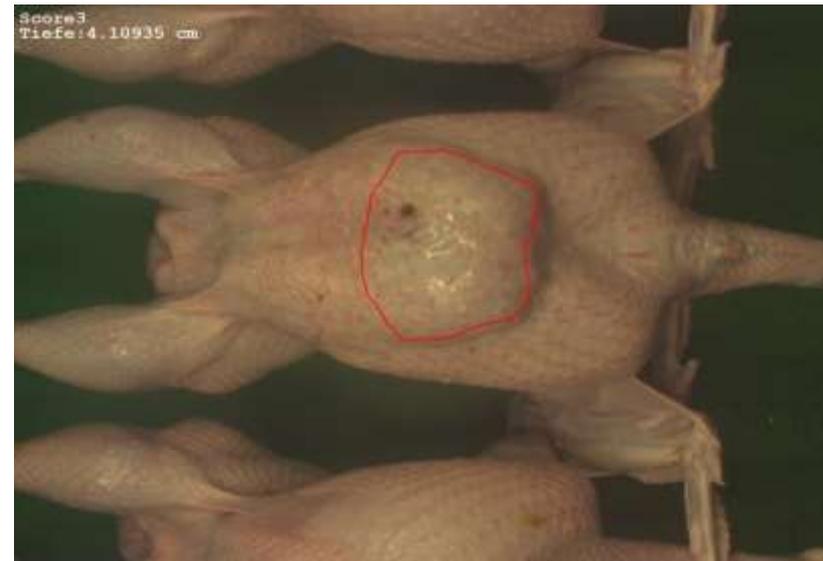
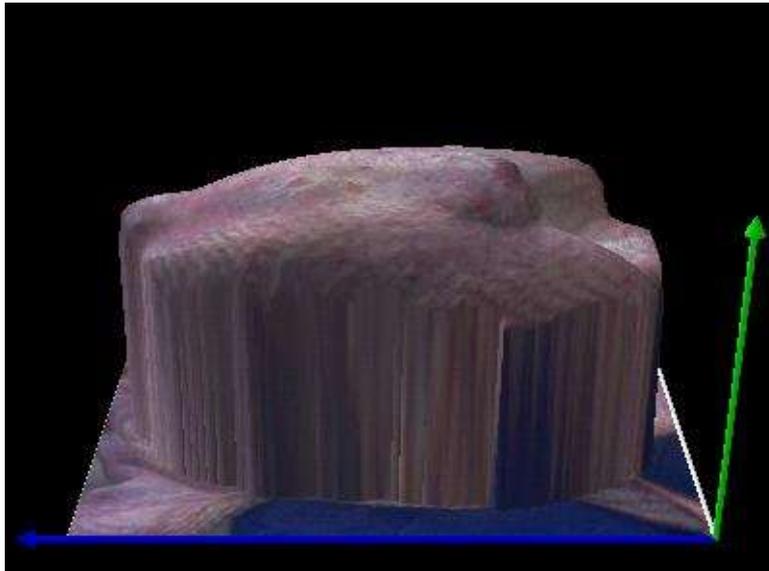
Messaufbau auf Spinaterntemaschine



Aufnahme

Online-Bewertung von Gemüse

- Online-Vermessung des Stielanteils von Spinat
- Geschwindigkeit der Blätter: ca. 5 m/s
- Einblendung des Stielanteils  Fahrer handelt gezielter



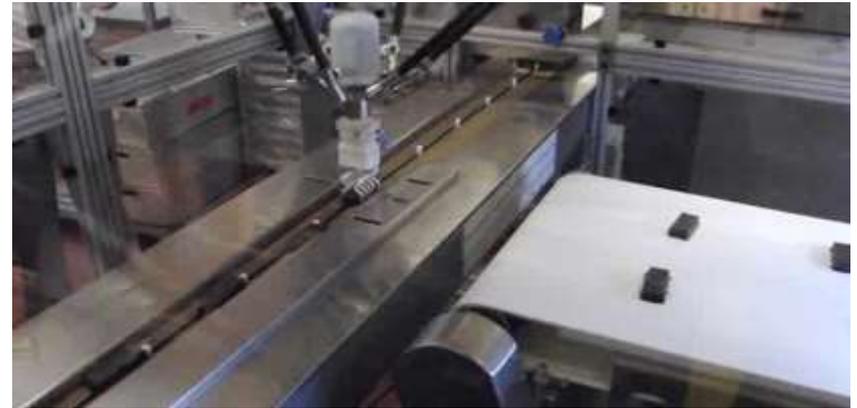
- **Tierwohl:** Bewertung von Tierkörpern
 - Brustblasen
 - Verfärbungen
 - Entzündungen
 - Schlagstriemen
 - etc.

Autonome Roboterführung mittels Bildverarbeitung

Flexible Robotik



Fleischschneiden



Picker



Spinatroboter



Schweißroboter (Laborversion)

Deep Learning:

- Viele Beispiele notwendig
- Wenige Genauigkeit im Klassifikationsergebnis gefordert
- Falschbewertungen sind nicht „teuer“

Typische CLK Projekte:

- Wenig Beispiele; zumeist nur grob beschrieben
- Hohe Genauigkeit im Klassifikationsergebnis gefordert
- Zahlensysteme: Wenn CLK falsch bewertet, kostet es Geld
- Prozesse ändern sich mittelfristig
- Auswertungen müssen rechtskräftig sein
(Nachvollziehbarkeit)

Klassifikation = Optimieren einer Funktion $k=F(i, w)$

- Bewertung
 - Mustermenge (i = Input, k=Klasse) mit Klassenzugehörigkeit
- Funktion $F(i, w)$
 - Funktionsarten:
 - Polynome, Kugeln, Ellipsen, **Linien**, Quader, Wellen, Nächster Nachbar,, ...
 - Wichtig: Funktionsansatz muss vollständig sein; d.h. zumindest theoretisch muss alles abgebildet werden können.
 - Entscheidend:
 - **Interpolation und Extrapolation**
 - i.a. ist „Einfachheit“ ein guter Ansatz
 - **Anzahl der Parameter zur Optimierung (statistische Relevanz)**
- Optimierung w
 - Nur Parameter ändern oder Funktion erweitern / reduzieren?
 - Zufällig (z.B. Evolution) oder deterministisch (z.B. Gradient)?
 - Vorwissen einbauen?

Finde die Funktion F!

Möglichst **schnell**

Mit **guten Ergebnisse** bei wenig Beispielen

Mit **hoher Genauigkeit** im Klassifikationsergebnis

Mit **schneller Anpassung** bei kurzfristiger Prozessänderung

So dass **Auswertungen rechtskräftig** sind (Nachvollziehbarkeit für Laien)

Das **unterschiedlichste Projekte** verarbeitet werden können

Wir nutzen...

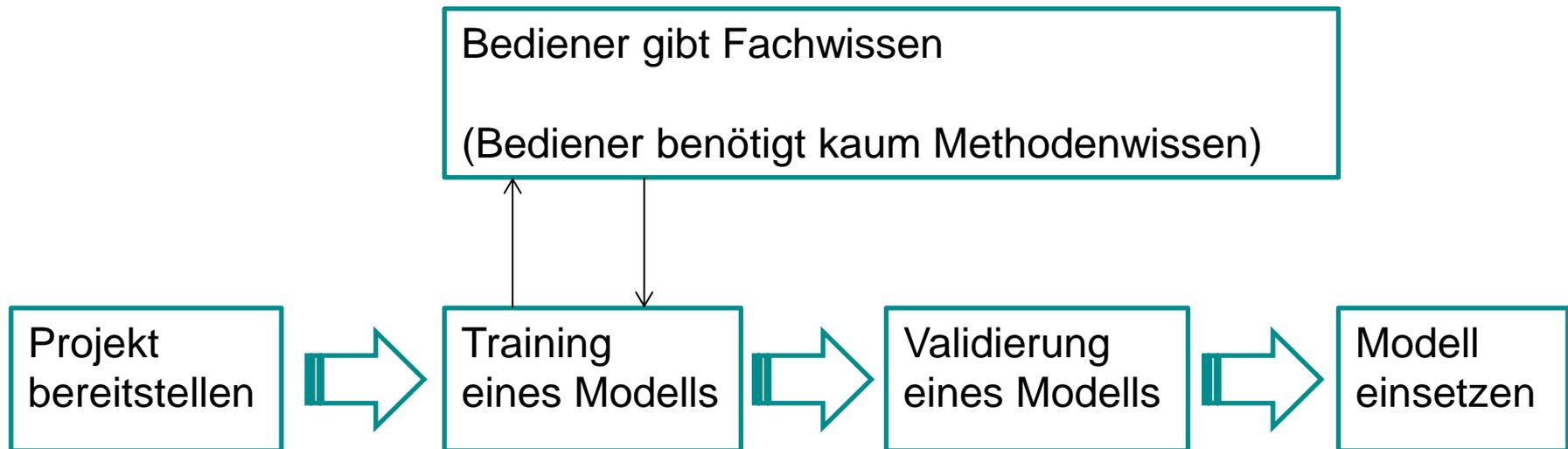
Eine **Kombination** von menschlichem und automatisiertem Fachwissen

Jahrelange Erfahrungen aus der BV wurden als „**best practice**“ zusammengefasst

Jedes Projekt wird **automatisch** über die „best practice“ verarbeitet und **optimiert**

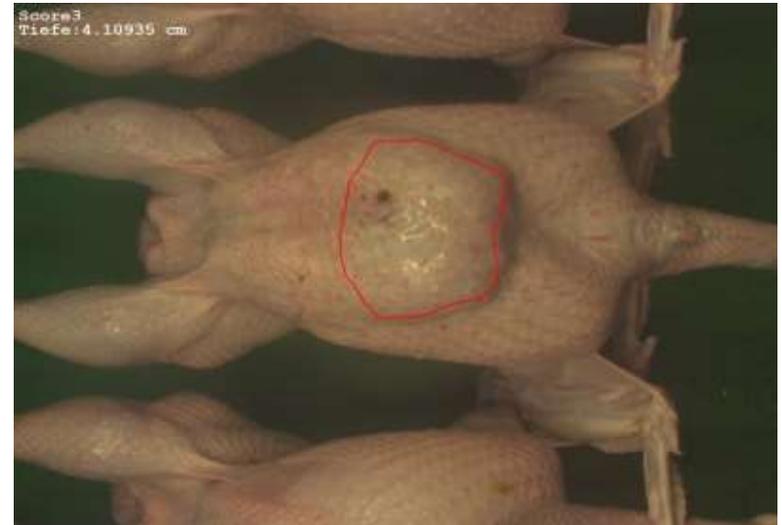
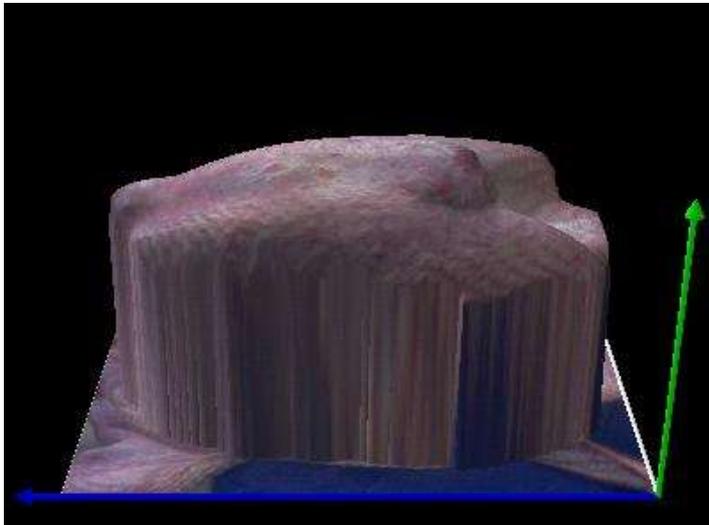
...der Benutzer kann sich den wichtigen Dingen des Lebens widmen

Ablauf



Beispiel: Bewertung von Puten auf Krankheit (2000 Beispiele, davon 100 NIO)

- Brustblasen
- Verfärbungen
- Entzündungen



Ausgangszustand

- Hohe Varianzen unter den Tieren
- Geringe Datenmengen zum Trainieren

Führt zu:

- Keine Eignung für **Deep Learning**, da Datensatz zu gering
- Hohem kreativem Entwicklungsaufwand für **ausschließlich manuelle Modellbildung**
- ABER: schnelle und gute Lösung mit der **CLK-Einlernsoftware**

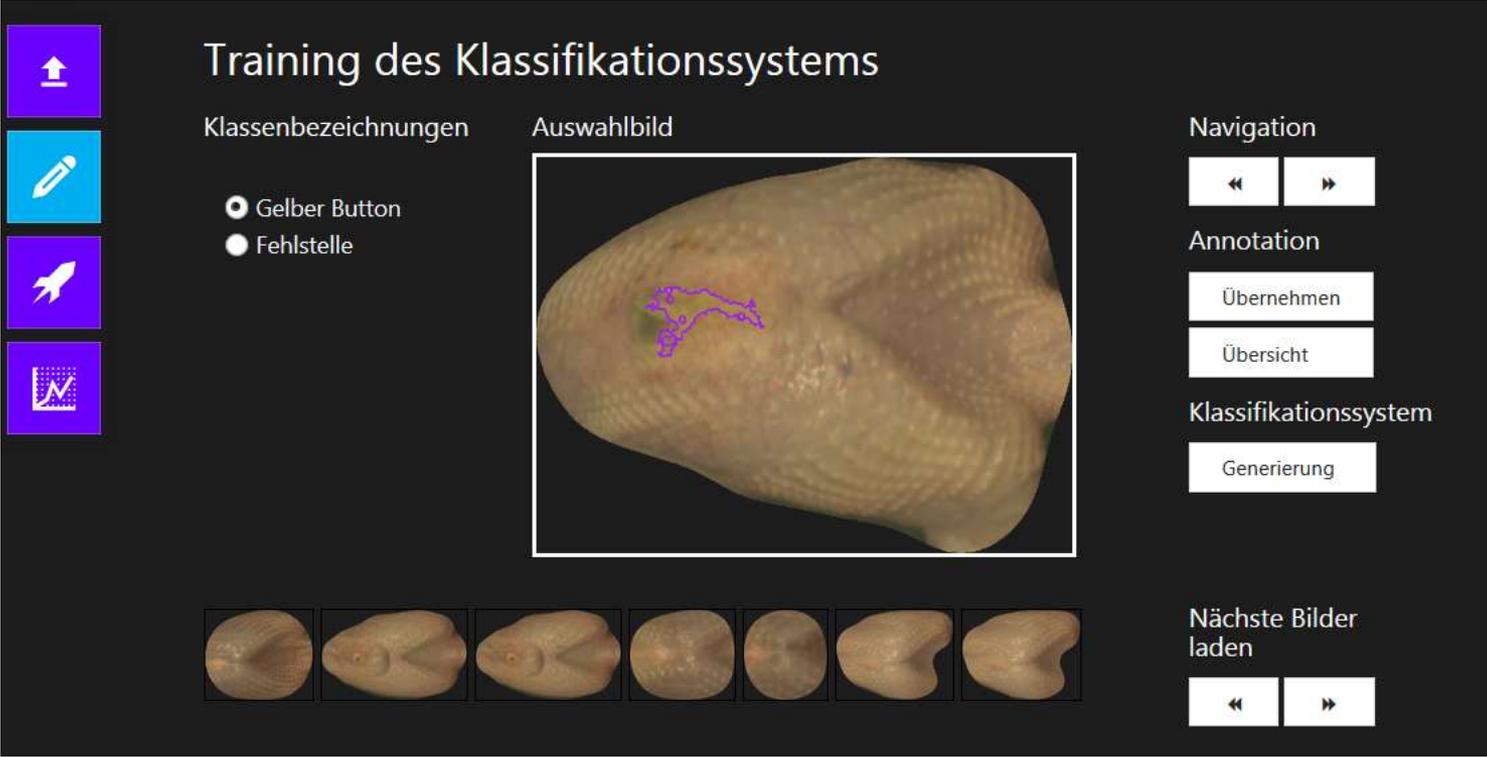


Training des Klassifikationssystems

Klassenbezeichnungen

- Gelber Button
- Fehlstelle

Auswahlbild



Navigation

Annotation

Übernehmen

Übersicht

Klassifikationssystem

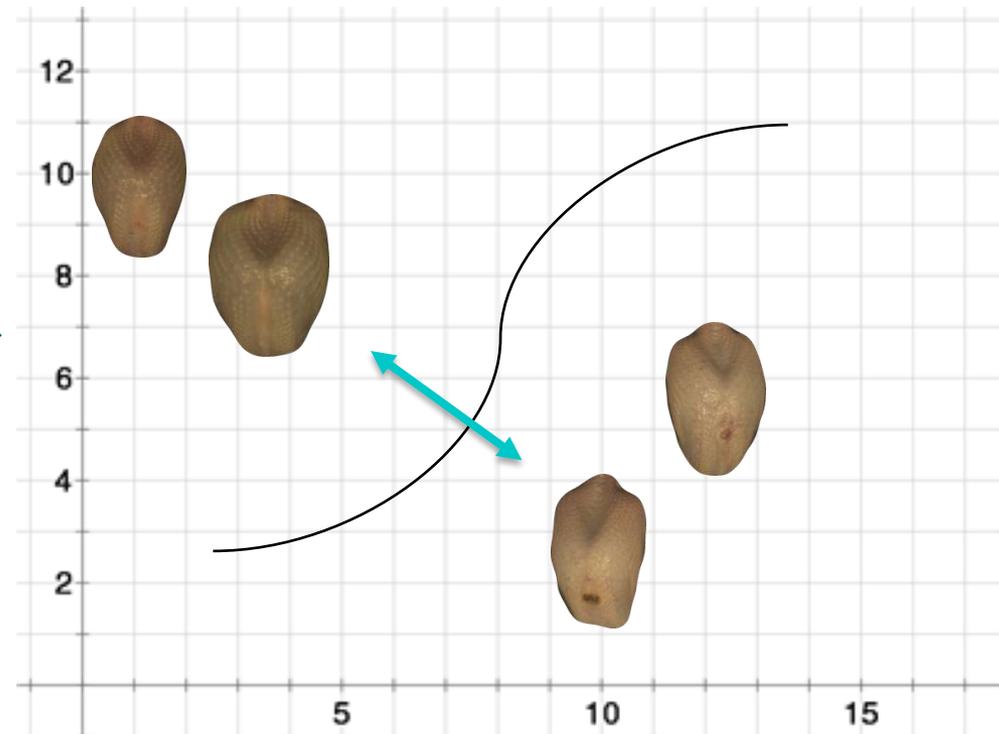
Generierung

Nächste Bilder laden

Vorschau: manuelles annotieren

Erzeuge eine Teillösung

```
0.017667;-0.37112;1.22076e+007;-0.023020;107.123;10.0  
-0.021197;-0.555087;1.24044e+007;0.0301359;160.772;19.28  
0.0310257;-0.575841;1.25545e+007;-0.00673476;182.757;19.  
-0.0262027;-0.58016;1.20786e+007;-0.0358719;145.232;20.1  
-0.0285373;-0.55369;1.27761e+007;-0.0118056;168.358;17.9  
-0.014404;-0.543782;1.22067e+007;0.0373231;164.195;19.54  
-0.0265833;-0.585074;1.25772e+007;0.00720594;177.416;19.  
0.00820047;-0.602138;1.18957e+007;0.0223186;179.132;18.9  
-0.00570924;-0.58277;1.22749e+007;-0.0265079;180.234;18.  
-0.000914681;-0.594232;1.17296e+007;0.0230831;176.966;19  
-0.00856114;-0.564549;1.24766e+007;0.0348691;171.006;19.6  
-0.0236665;-0.53506;1.25184e+007;-0.0117361;174.187;19.49  
1.0335795;-0.579797;1.25635e+007;0.00856123;171.649;19.72  
-0.0269877;-0.578656;1.21594e+007;-0.00313557;164.204;19.  
-0.0373423;-0.570644;1.172e+007;-0.0254059;164.681;19.64  
-0.0308559;-0.545409;1.2461e+007;-0.000670543;172.035;19  
0.0502695;-0.624659;1.23757e+007;0.0107931;154.39;21.904
```



Schwierigkeit:

Suche nach einer Beschreibung, um die Unterschiede hervorzuheben

- Validiere und analysiere die Gesamtlösung

Merkmale

Deskriptive Statistik

Merkmal	Klasse	N	Mittelwert	Standardabweichung	Konfidenz (95%) untere Grenze	Konfidenz (95%) obere Grenze
tex_v_homogeneity	io	501	0.7784936447105791	0.01709624828766583	0.776992983753511	0.7799943056676473
tex_v_homogeneity	nio	11	0.8396347272727273	0.021526777645950203	0.8251728412702796	0.8540966132751749
tex_v_homogeneity	Total	512	0.7798072226562495	0.01933391698041325	0.7781285623712496	0.7814858829412493

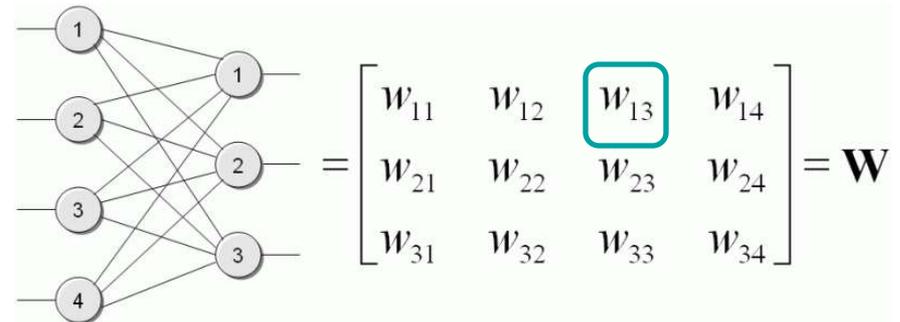
Umfangreiche Statistiken: Data Mining

Automatisch generierter Quellcode (inkl. Doku)

```
--
21 *
22 * Automatisch generierter Quellcode
23 * Rapid Prototyping Version 1.0
24 * Klassifikator: Entscheidungsbaum
25 *
26 *
27 *
28 * Fehler (*100)
29 *
30 * 0.010298661174047374
31 *
32 *
33 * Korrelationstabelle
34 *
35 *   nio;io
36 * nio;45 ;8
37 * io ;2 ;916
38 *
39 *
40 * Deskriptive Statistik
41 *
42 * Merkmal ;Klasse;N ;Mittelwert ;Standardabweichung ;Konfidenz (95%) untere Grenze;Konfidenz (95%) obere Grenze
43 * h_entropy;io ;1837;5.35 ;0.16 ;5.34 ;5.35
44 * h_entropy;nio ;105 ;4.27 ;0.41 ;4.19 ;4.35
45 * h_entropy;Total ;1942;5.29 ;0.30 ;5.27 ;5.30
46 *
47 *
48 * Merkmal : h_entropy
49 * Intervall: [3.1897,5.79359]
50 *
51 _get_param(features, 'h_entropy',h_entropy)
--
```

Kurzfristige Justierung des Farbmerkmals

```
122 if( tex_v_contrast <= 1.249045 )
123   * io: 14.0 Stichproben
124   * nio: 176.0 Stichproben
125   if( h_mean <= 80.28565 )
126     * io: 10.0 Stichproben
127     * nio: 0.0 Stichproben
128     Label := 'io'
129   endif
130   if( h_mean > 80.28565 )
131     * io: 4.0 Stichproben
132     * nio: 176.0 Stichproben
133     if( tex_h_energy <= 0.200807 )
134       * io: 3.0 Stichproben
135       * nio: 0.0 Stichproben
136       Label := 'io'
137     endif
138     if( tex_h_energy > 0.200807 )
139       * io: 1.0 Stichproben
140       * nio: 176.0 Stichproben
141       Label := 'nio'
142     endif
143   endif
144 endif
145 if( tex_v_contrast > 1.249045 )
146   * io: 1590.0 Stichproben
147   * nio: 0.0 Stichproben
148   Label := 'io'
149 endif
150 Collector := [Collector,Label]
```



Einfache Regeln eines Klassifikators

sind leicht anpassbar

Gewichte beim Deep Learning

sind nicht leicht anpassbar?

Kunde meldet Probleme einer Klassifikation

- Diverse Farbänderungen während der Produktion
 - Nicht tolerierbare Menge an Fehlklassifikationen
 - Produktion des Kunden steht still

Schnelle Anpassung des Klassifikators **zwingend** erforderlich

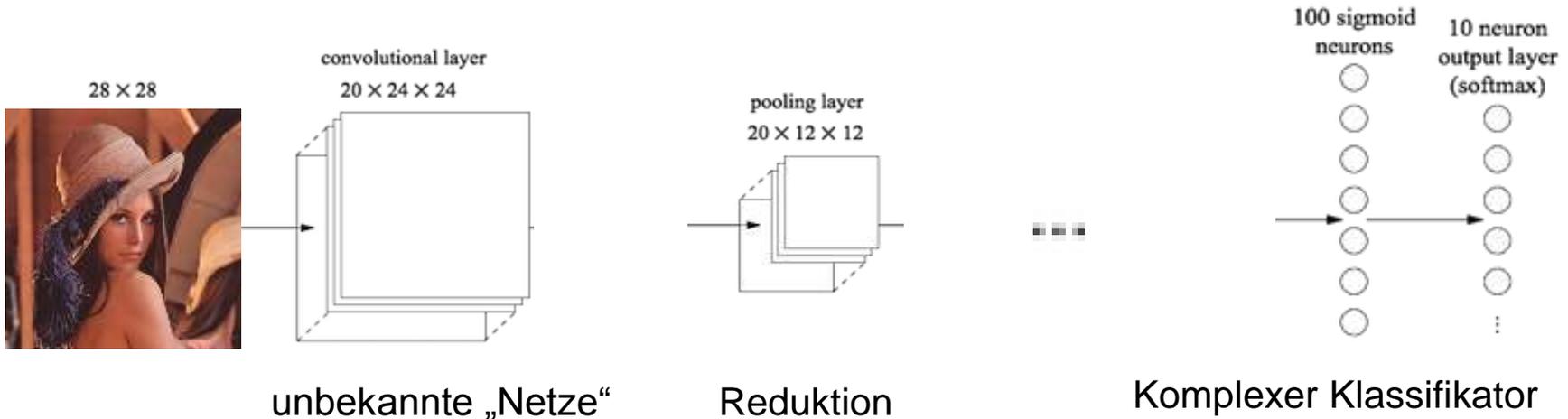
- ELS: Lerner können schnell angepasst werden
 - Bereitstellung eines Updates: Minuten
- DeepLerning: Netze müssen aufwendig neu trainiert werden
 - Bereitstellung eines Updates: Stunden bzw. Tage

Schlussfolgerung

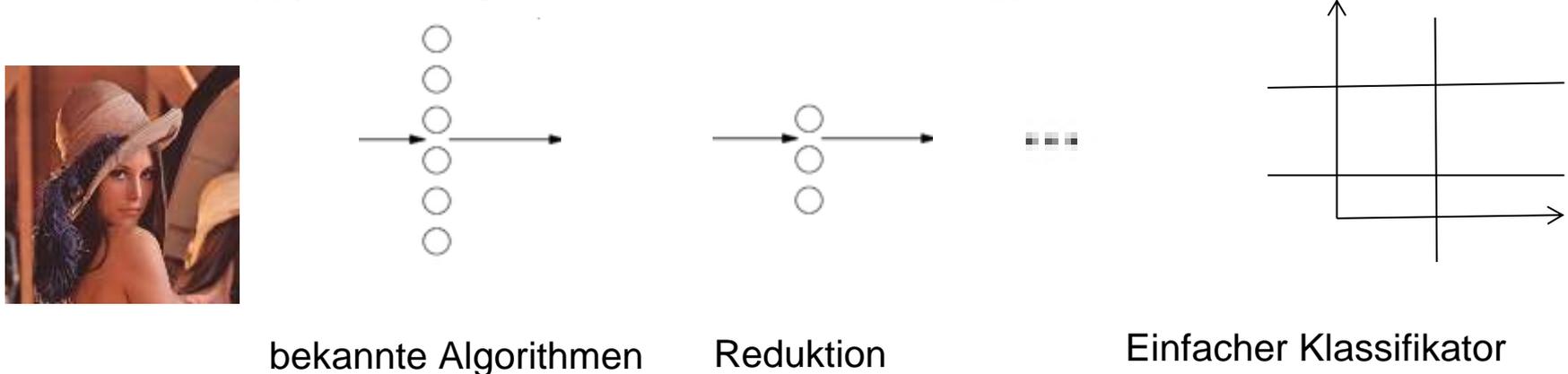
- Verärgerter Kunde => keine Folgegeschäft & Imageverlust

Architektur - Vergleich

- Deep Learning (typisch: ein Netz für alles)



- CLK ELS (typisch: für jedes Detail eine Teillösung)



- Phase 2: Kombiniere die Teillösungen



Umfangreiche Statistiken: Data Mining

Zusammengefasst

Ansatz:

- Automatisierte Zusammenstellung aus hunderten von Merkmalen
- Automatisierte Auswahl von Klassifikatoren
- Diverse statistische Auswertungen

- **Prinzip 1: Finde automatisiert eine einfache Bildverarbeitung und stelle diese dem Nutzer so dar, dass er schnell versteht**
- **Prinzip 2: Nutzer kann schnell sein Wissen einbringen**

⇒ Schneller iterativer Zugang zur Lösung komplexer Aufgaben

Aufgabe: Erkennung von Putenkrankheiten

- Manuell: nach mehreren Monaten nicht zufriedenstellend
- CLK-ELS: Lösung innerhalb einer Woche



Aufgabe: Einlernen von Käsesorten in kurzer Zeit

- Manuell: Tag pro Käsesorte
- CLK-ELS: Minuten pro Käsesorte



Aufgabe: Bewertung von ChickenWings

- Manuell: Tage
- CLK-ELS: Stunden



Automatisierte Kreativität ist bei komplexen Aufgaben häufig besser als menschliche Kreativität.

Eine **transparente Ergebnisdarstellung** ermöglicht die **Kombination von menschlicher und automatisierter Kreativität**. Diese geht deutlich über die Einzelergebnisse von menschlicher und automatisierter Vorgehensweise hinaus.

Nutzen für den Kunden:

CLK kann Machbarkeiten schneller beurteilen

⇒ kleineres Risiko für den Kunden

Neue Chancen für komplexe Aufgaben

⇒ Erweitertes Lösungsspektrum für den Kunden

Ziel: kundenspezifische Projekte sind

- bei CLK einfach und schnell erstellbar
- durch CLK einfach und schnell langfristig wartbar
- vom Kunden einfach und schnell bedienbar im Standardumfang
- vom Kunden einfach und schnell in begrenztem Umfang erweiterbar
- beim Kunden jederzeit stabil und sicher in der Funktion

DeepLearning ist nur interessant für Projekte,

- für die „unendlich“ viele Daten vorliegen
- für die eine Analyse des Klassifikators nicht nutzbringend ist
 - Keine Übertragung auf ähnliche Aufgabenstellungen
 - sicherheitstechnisch unkritische Bereiche
 - ...

**Einfache Bedienung
komplexer Systeme**

Vielen Dank für Eure Aufmerksamkeit

www.clkgmbh.de