





Interdisciplinary machine learning projects

Olena Linnyk

12.07.2019



seriously creative



creatively serious

Who am I

Researcher, Frankfurt Institute for Advanced Studies

Group „Deep Thinkers“ (Horst Stöcker)

PI “Sensor Systems” (with K. Zhou, J. Steinheimer)

TL “DL4CP”

PI “AI for competence oriented matching in HR”

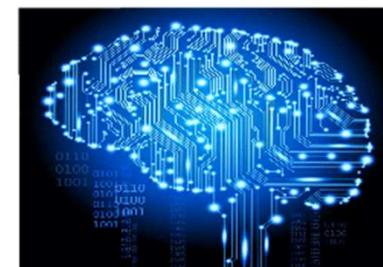
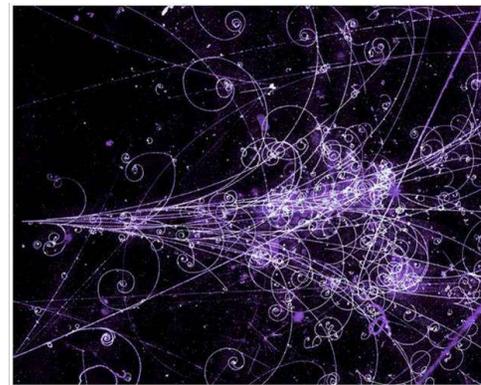
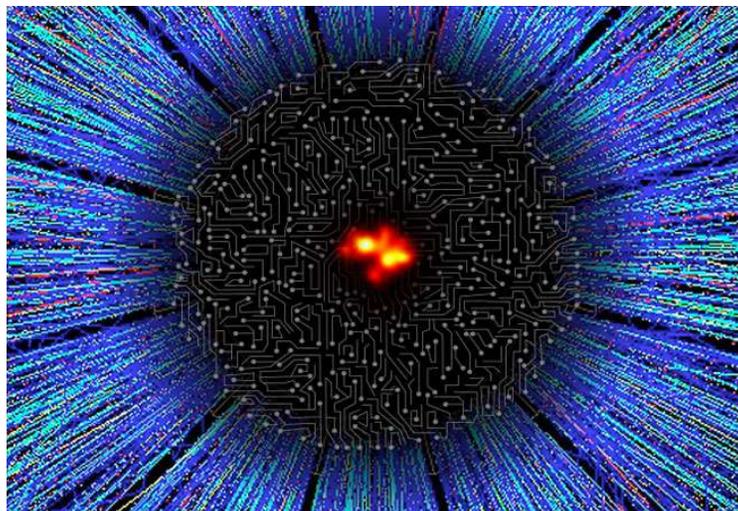
Privatdozentin at Justus Liebig University of Giessen

Lectures „KI Anwenden und Verstehen“

Artificial intelligence specialist, milch&zucker



Machine Learning bridges physics theory, experiment, language, law...



Our tools – tensorflow, keras libraries.

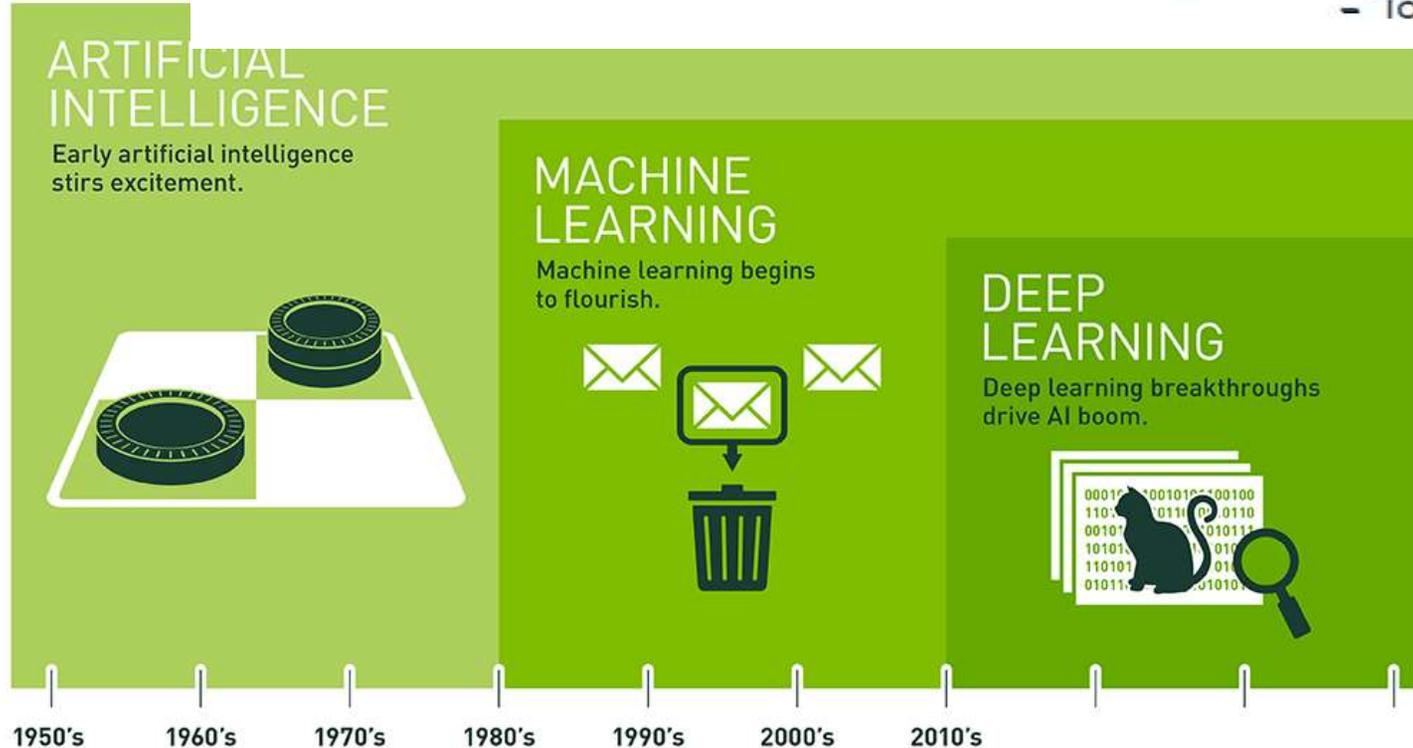
One can also use scikit-learn, R,
pytorch, fasttext or write custom.



What is intelligence

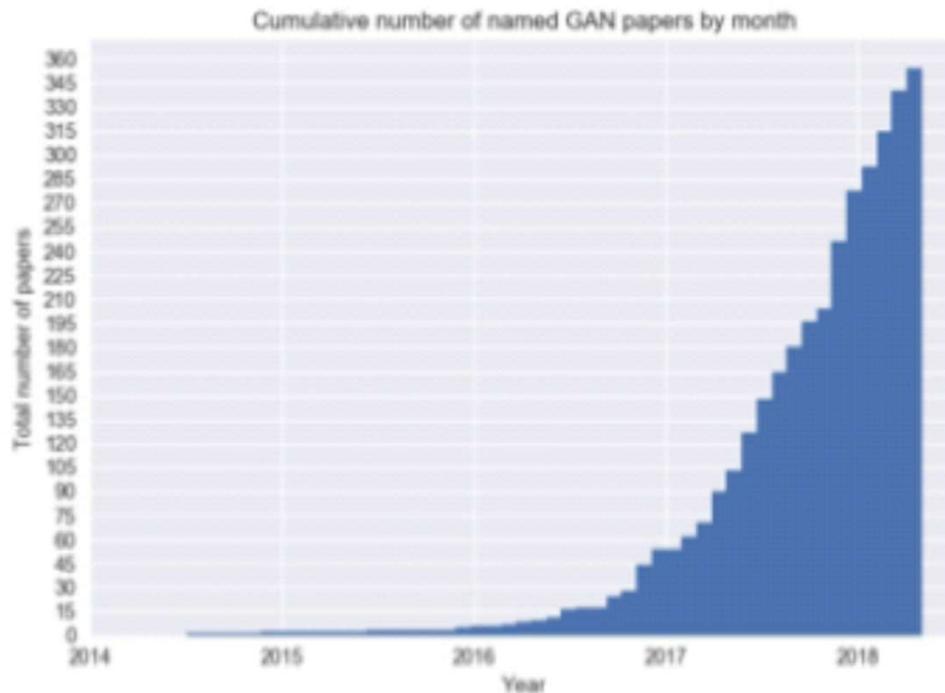
A computer program is said to learn from **experience E** with respect to some **task T** and some **performance measure P**, if its performance on T as measured by P, **improves with experience E**

- Tom Mitchell 1997



Since an early flush of optimism in the 1950s, smaller subsets of artificial intelligence – first machine learning, then deep learning, a subset of machine learning – have created ever larger disruptions.

Deep Learning revolution



AI is „A core, transformative way by which we’re rethinking how we’re doing everything.“ Sundar Pichai, CEO Google

Machine learning

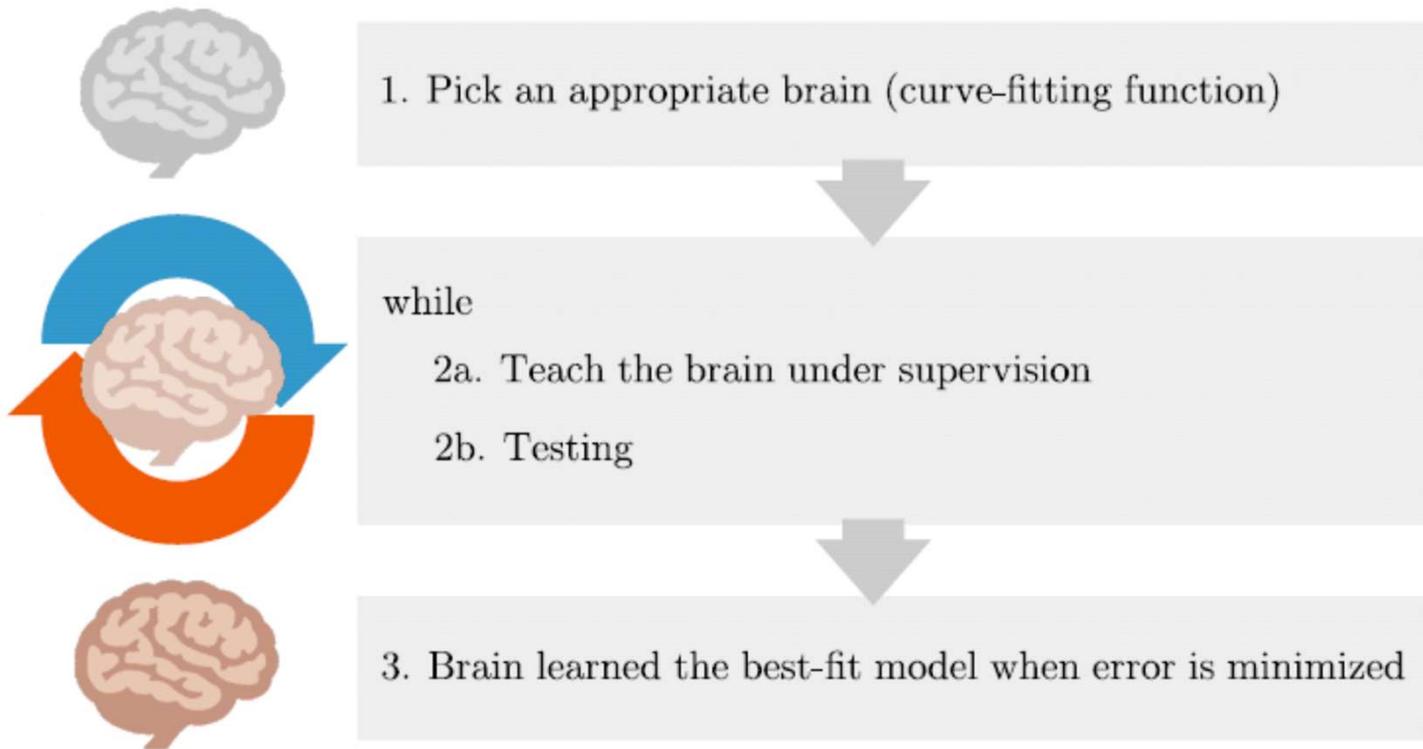
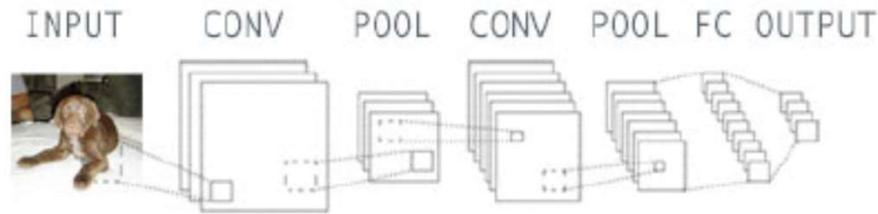


IMAGE CLASSIFICATION



Dog: **94%**

Cat: 31%

Bird: 2%

Boat: 0%



Dog: 37%

Cat: **91%**

Bird: 21%

Boat: 1%

2012

ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks

Alex Krizhevsky
University of Toronto
kriz@cs.utoronto.ca

Ilya Sutskever
University of Toronto
ilsya@cs.utoronto.ca

Geoffrey E. Hinton
University of Toronto
hinton@cs.utoronto.ca

Abstract

We trained a large, deep convolutional neural network to classify the 1.2 million high-resolution images in the ImageNet ILSVRC-2010 contest into the 1000 different classes. On the test data, we achieved top-1 and top-5 error rates of 37.5% and 17.0% which is considerably better than the previous state-of-the-art. The neural network, which has 60 million parameters and 650,000 neurons, consists of five convolutional layers, some of which are followed by max-pooling layers, and three fully-connected layers with a final 1000-way softmax. To make training faster, we used non-saturating neurons and a very efficient GPU implementation of the convolution operation. To reduce overfitting in the fully-connected layers we employed a recently-developed regularization method called "dropout" that proved to be very effective. We also entered a variant of this model in the ILSVRC-2012 competition and achieved a winning top-5 test error rate of 15.3%, compared to 26.2% achieved by the second-best entry.

2015

News & Analysis

Microsoft, Google Beat Humans at Image Recognition

Deep learning algorithms compete at ImageNet challenge

R. Colin Johnson

2/18/2015 03:15 AM EST

14 comments

1 saves
LOGIN TO RATE

Grain of salt

[← Back](#) labradoodle or fried chicken [Select](#)

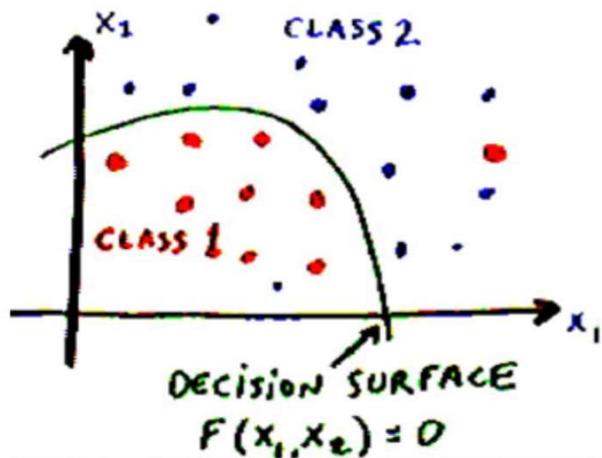


[← Albums](#) chihuahua or muffin [Select](#)

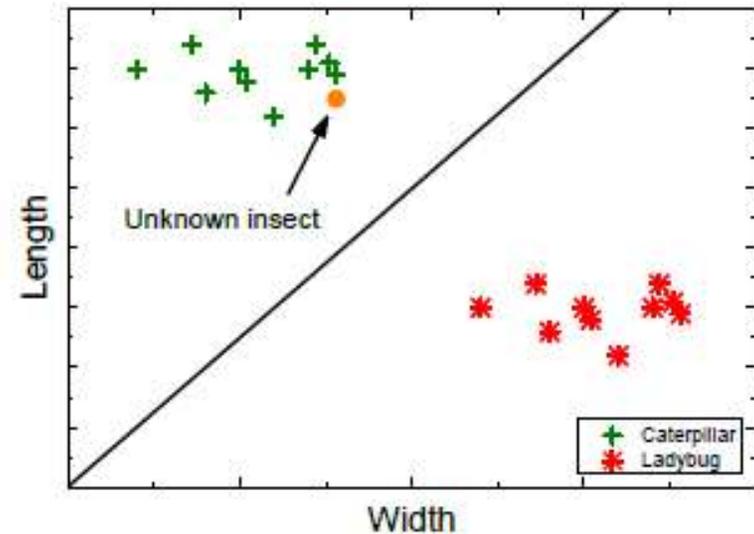


Classifikation supervised

Classification (discrete output/label - **classes**)



$$f : \mathbb{R}^n \rightarrow \{1, \dots, k\}$$



Linear regression

- optimal for gaussian, random distributions, statistical errors

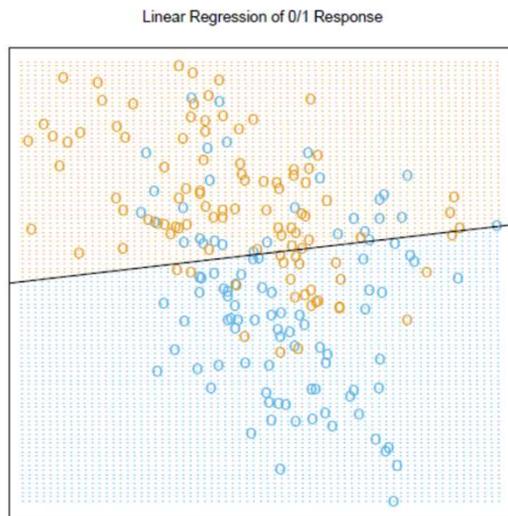
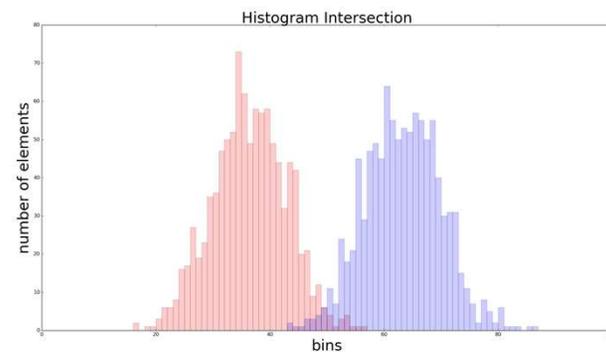
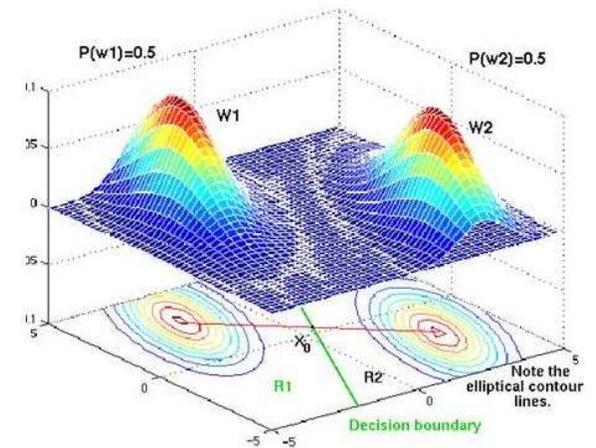


FIGURE 2.1. A classification example in two dimensions. The classes are coded as a binary variable (BLUE = 0, ORANGE = 1), and then fit by linear regression. The line is the decision boundary defined by $x^T \hat{\beta} = 0.5$. The orange shaded region denotes that part of input space classified as ORANGE, while the blue region is classified as BLUE.



Reality check

- systematical errors, non-randomness, non-linearity

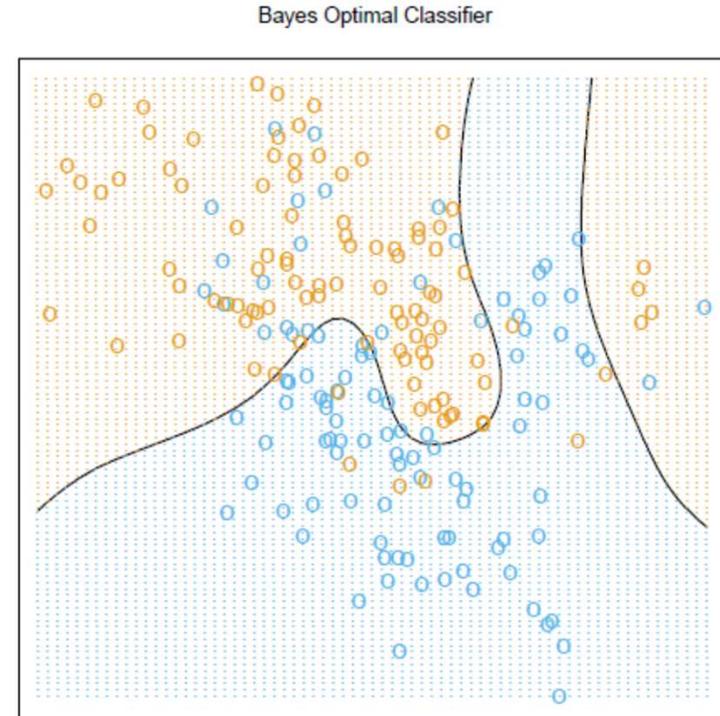
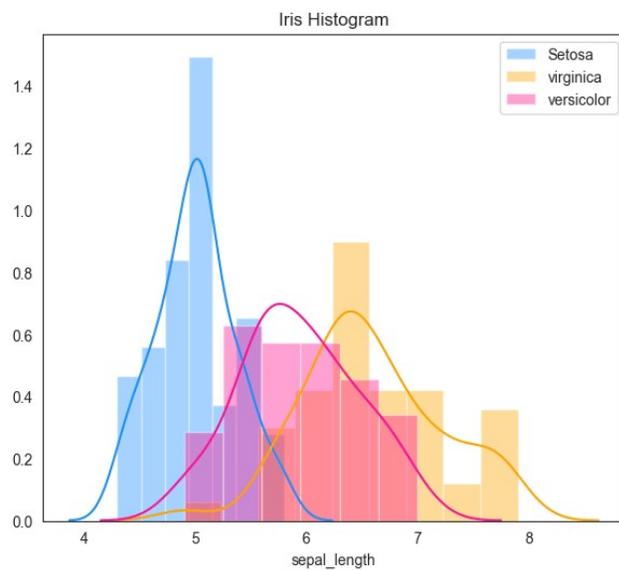


FIGURE 2.5. The optimal Bayes decision boundary for the simulation example of Figures 2.1, 2.2 and 2.3. Since the generating density is known for each class, this boundary can be calculated exactly (Exercise 2.2).

NN = A HIGHLY FLEXIBLE FAMILY OF FUNCTIONS

In calculus of variations, the optimization is over all functions: $\hat{s} = \operatorname{argmin}_s L[s]$ —

- In applied calculus of variations, we consider a highly flexible family of functions s_ϕ and optimize: i.e. $\hat{\phi} = \operatorname{argmin}_\phi L[s_\phi]$ and $\hat{s} \approx s_{\hat{\phi}}$
- Think of neural networks as a highly flexible family of functions
- Machine learning also includes non-convex optimization algorithms that are effective even with millions of parameters!

Shallow neural network

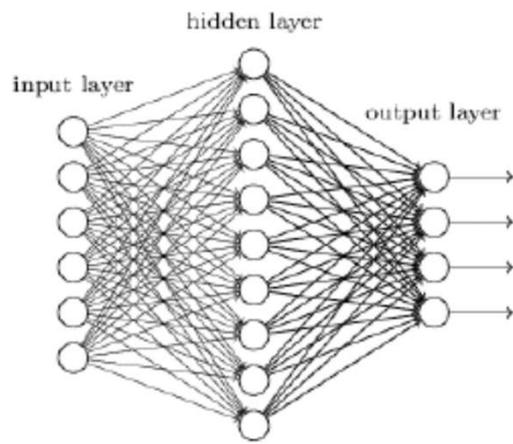
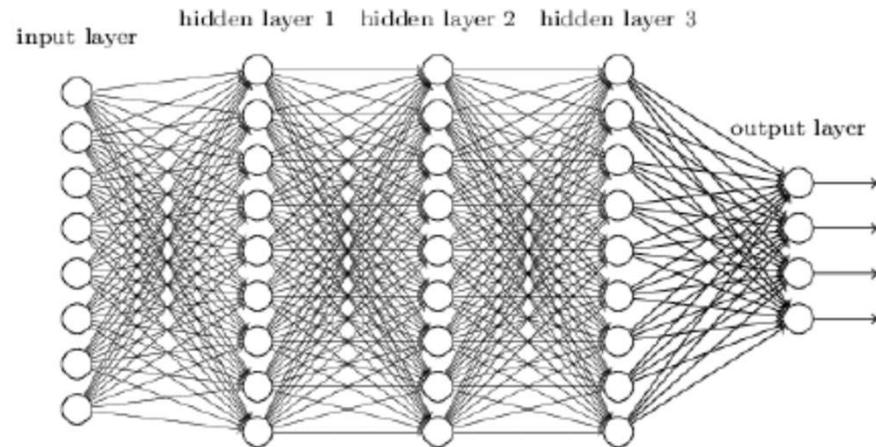
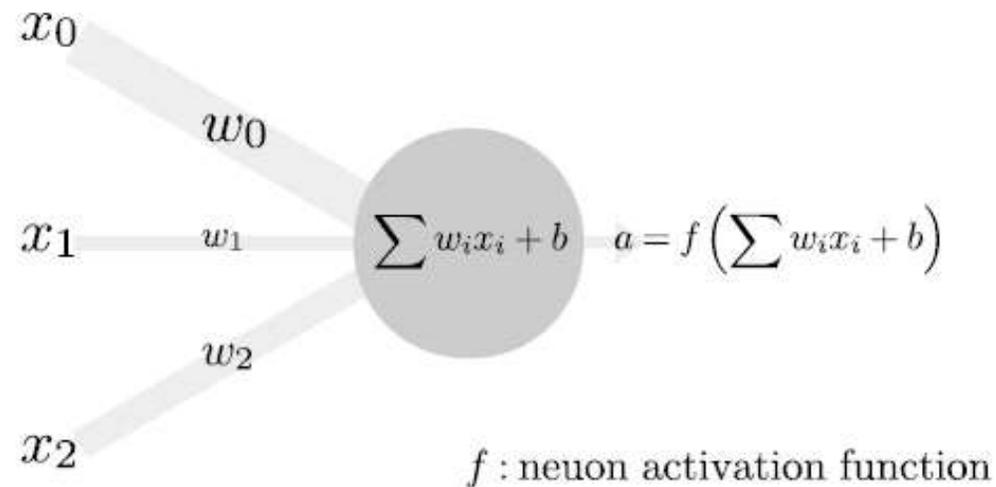
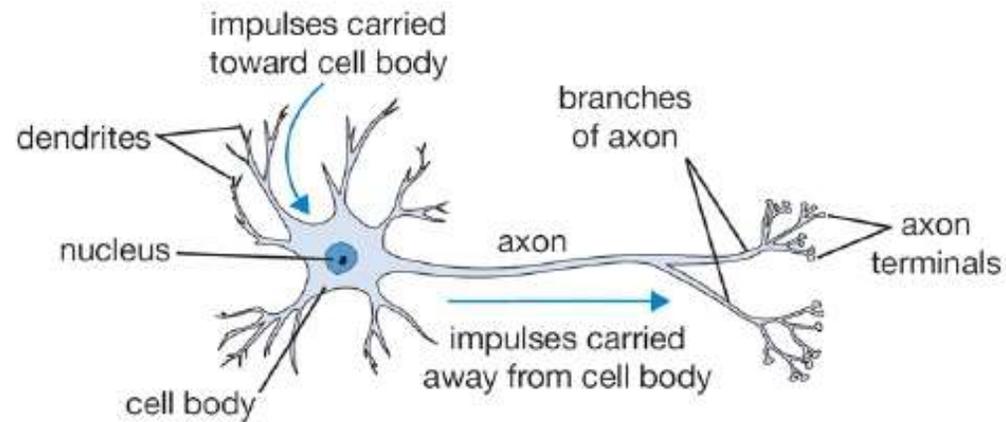


image credit: Michael Nielsen

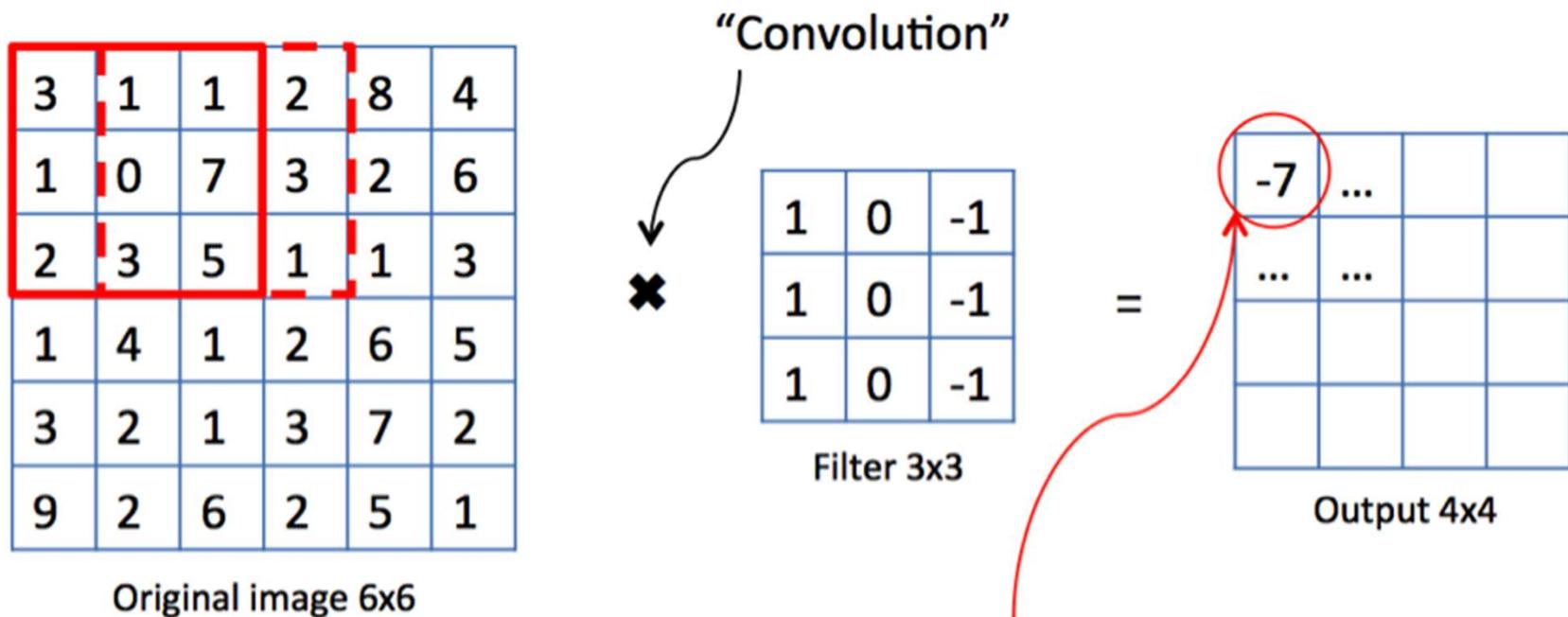
Deep neural network



Neuron



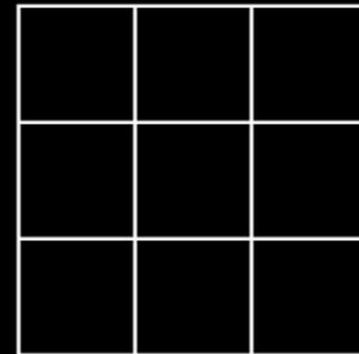
Convolutional neural networks: Kernel



Result of the element-wise product and sum of the filter matrix and the original image

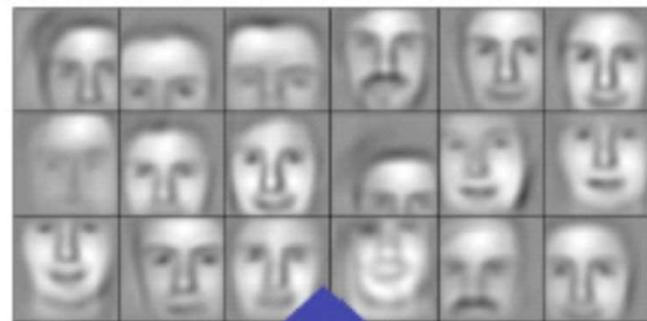
Edge Detection

Using Kernel Convolution



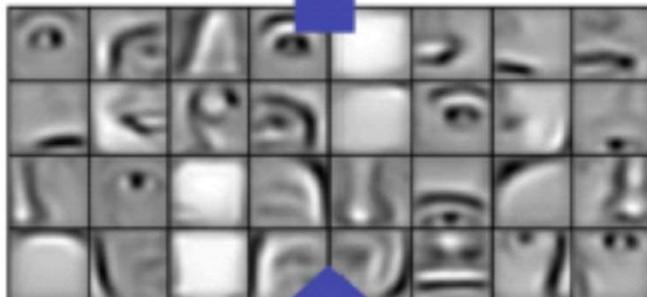
Convolutional neural networks

Successive model layers learn deeper intermediate representations



Layer 3

Parts combine
to form objects

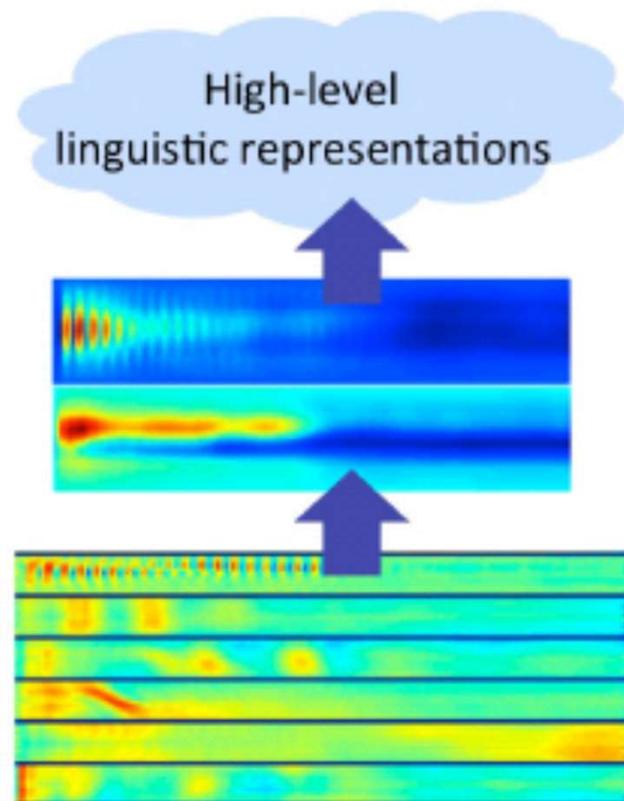


Layer 2



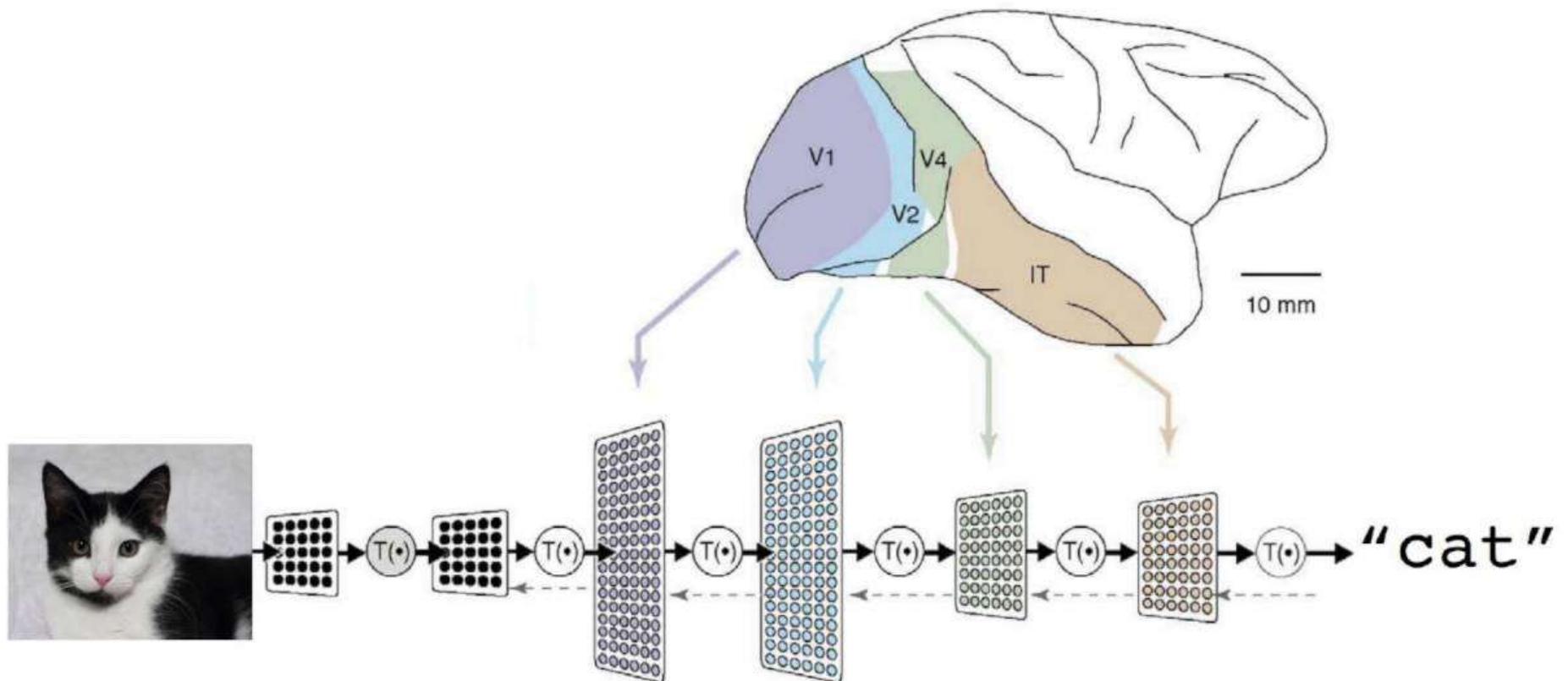
Layer 1

14



Prior: underlying factors & concepts compactly expressed w/ multiple levels of abstraction

Natural neural networks – CNN?



What does a computer „see“



08	02	22	97	38	15	08	40	00	75	04	05	07	78	52	17	50	77	97	22
49	49	99	40	17	81	18	57	60	27	17	40	98	43	69	48	04	56	62	00
81	49	31	73	85	79	14	29	93	71	40	67	15	08	30	03	49	13	36	65
52	70	95	23	04	60	11	42	62	27	68	94	01	32	56	71	37	02	36	91
22	31	18	71	51	67	63	89	41	92	36	94	22	40	40	38	68	33	13	80
24	47	37	60	99	03	45	02	44	75	33	53	78	36	84	20	35	17	12	50
32	98	81	28	64	23	67	10	26	38	40	67	59	54	70	66	18	38	64	70
67	26	20	68	02	62	12	20	95	63	94	39	63	08	40	91	66	49	94	21
24	55	88	05	66	73	99	26	97	17	78	78	96	83	14	88	34	89	63	72
21	36	23	09	75	00	76	44	20	45	35	14	00	61	33	97	34	31	33	95
78	17	53	28	22	75	31	47	15	94	03	80	04	62	16	14	09	53	56	92
16	39	05	42	96	35	31	47	55	58	88	24	00	17	84	24	36	29	85	57
86	56	00	49	35	71	89	07	05	44	44	37	44	60	21	58	51	54	17	58
19	80	81	68	05	94	47	69	28	73	92	13	86	52	17	77	04	89	55	40
04	52	08	83	97	35	99	16	07	97	57	32	16	26	26	79	33	27	98	66
57	36	68	57	57	62	20	72	03	46	33	67	46	55	12	32	63	93	53	69
04	42	16	73	31	21	32	11	24	94	72	18	08	46	29	32	40	62	76	36
20	69	36	41	72	30	23	88	34	65	93	69	82	67	59	85	74	04	36	16
20	73	35	29	78	31	90	01	74	31	49	71	48	54	81	16	23	57	05	84
01	70	54	71	83	51	54	69	16	92	33	48	61	43	52	01	80	17	47	48

What the computer sees

image classification →
82% cat
15% dog
2% hat
1% mug

Classification: phases of matter

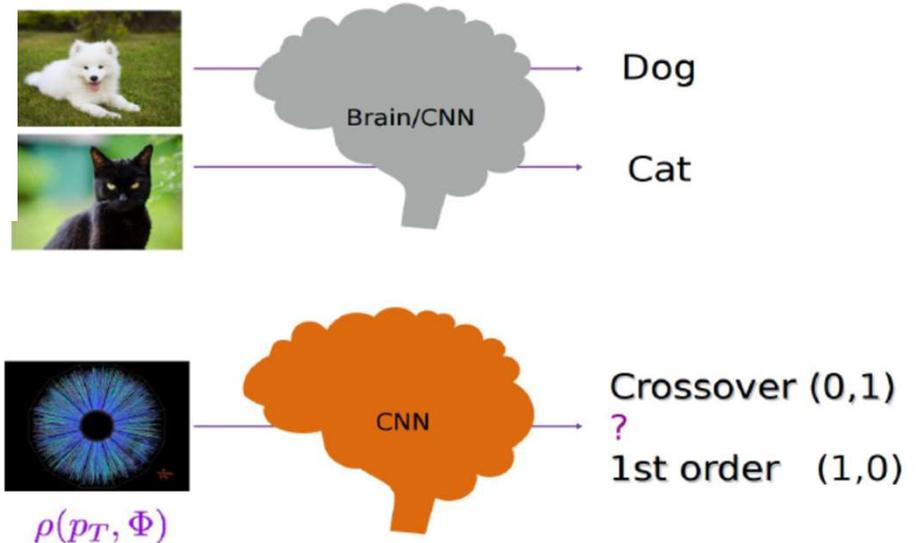


Article | [OPEN](#) | Published: 15 January 2018

An equation-of-state-meter of quantum chromodynamics transition from deep learning

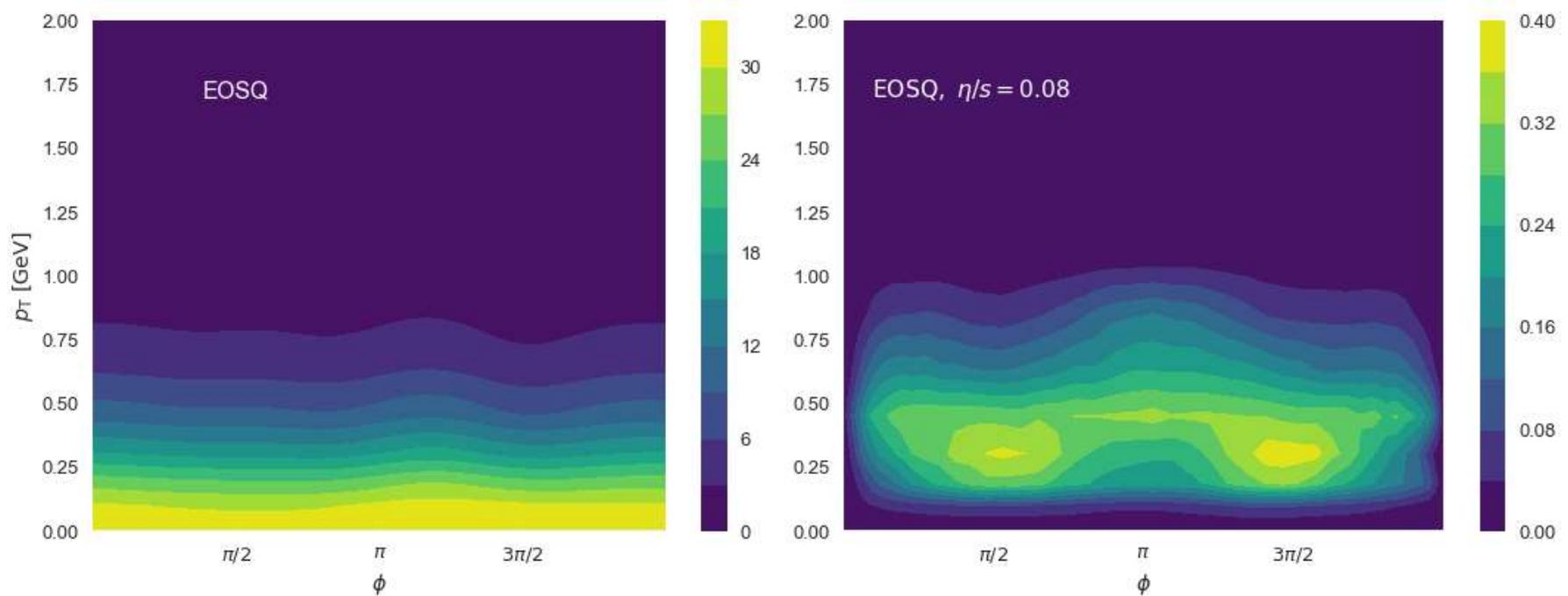
Long-Gang Pang , Kai Zhou , Nan Su , Hannah Petersen, Horst Stöcker & Xin-Nian Wang

Nature Communications **9**, Article number: 210 (2018) | [Download Citation](#) 



Nature Communication 9, 210(2018)

Importance map



Long-Gang Pang, Kai Zhou, Nan Su, Hannah Petersen, Horst Stöcker & Xin-Nian Wang, Nature Communications 9, 210 (2018)

Observable engineering

A machine learning study to identify spinodal clumping in high energy nuclear collisions

Jan Steinheimer¹, LongGang Pang^{2,3}, Kai Zhou¹, Volker Koch³, Jørgen Randrup³ and Horst Stoecker^{1,4,5}

¹ Frankfurt Institute for Advanced Studies, Ruth-Moufang-Str. 1, 60438 Frankfurt am Main, Germany

² Physics Department, University of California, Berkeley, CA 94720, USA

³ Nuclear Science Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA 94720, USA

⁴ Institut für Theoretische Physik, Goethe Universität Frankfurt, D-60438 Frankfurt am Main, Germany and

⁵ GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH

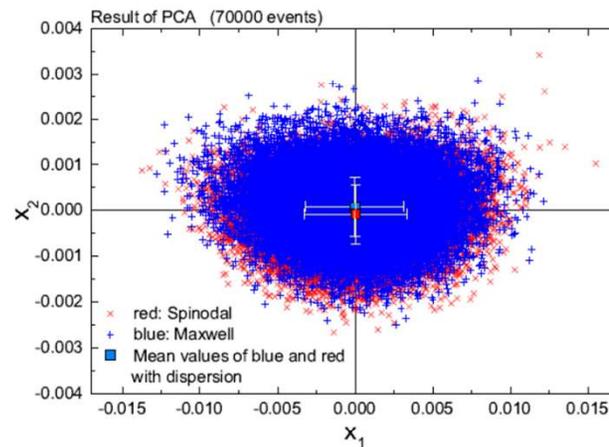
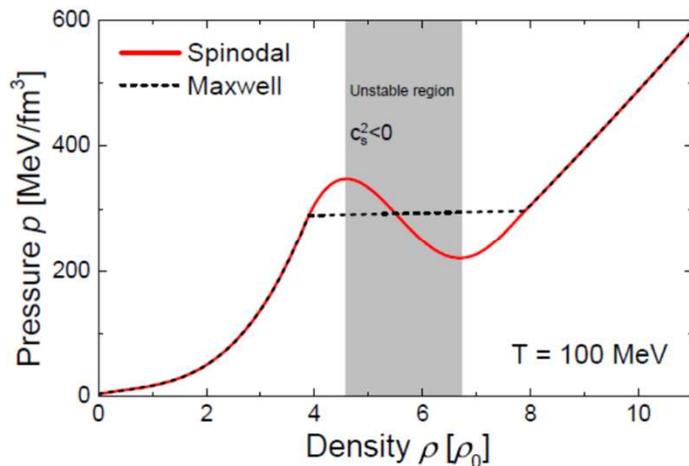


FIG. 8 (color online). Scatter plot of the first two components of a PCA of the distribution of the momentum difference for baryon pairs. The red crosses indicate the events with the spinodal instabilities, which dominate the southern hemisphere, while the blue pluses indicate events with a Maxwell construction. The large symbols with error bars near the center indicate the mean values with their dispersions. The spinodal EoS creates a clear crescent of crosses in the southern hemisphere, $x_2 < 0$. Also the mean value is shifted downwards slightly.

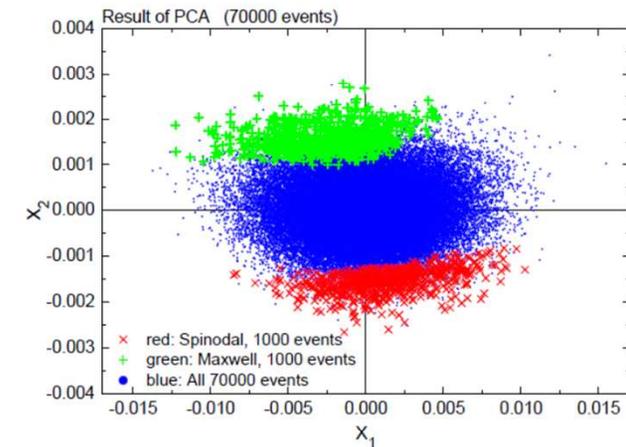


FIG. 9 (color online). Scatter plot of the first two components of a PCA of the distributions of the momentum difference for baryon pairs. The blue points correspond to all 70000 events, Maxwell and spinodal. The red crosses correspond to those events that were identified correctly as being in the spinodal class from among those 1000 events that had the highest probability for being spinodal events, according to the neural network. Similarly, the green pluses show the correctly identified Maxwell events among the 1000 event having largest probability of belonging to that class. According

Unsupervised clustering

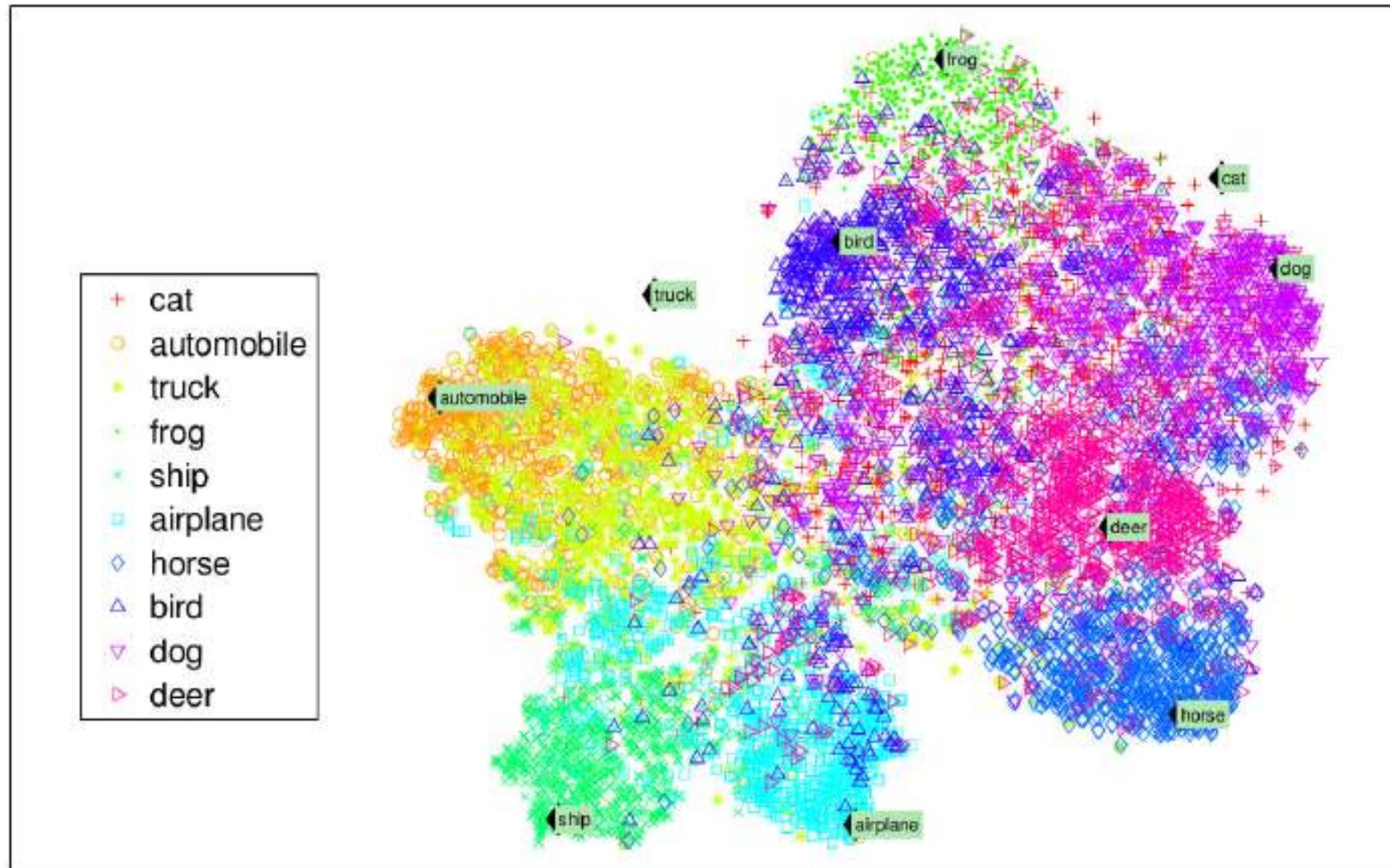
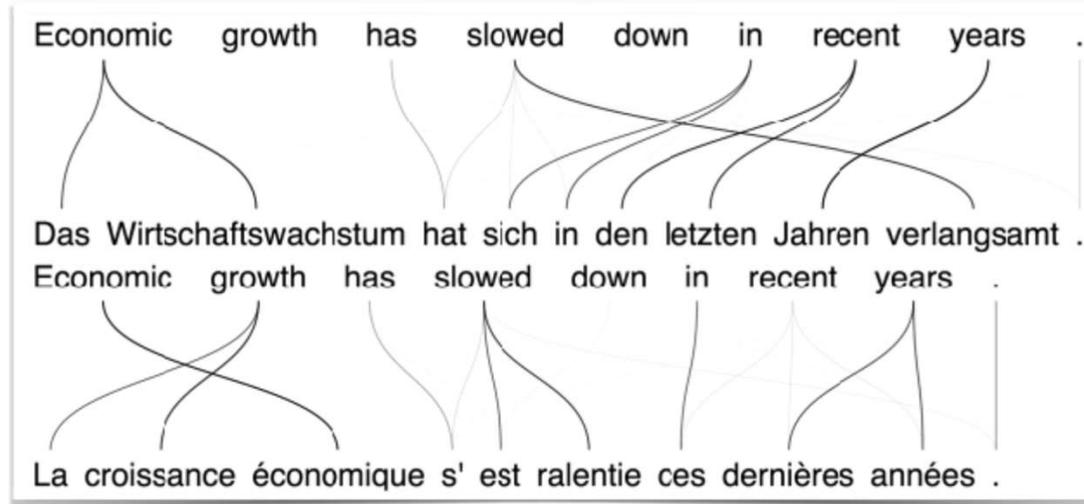
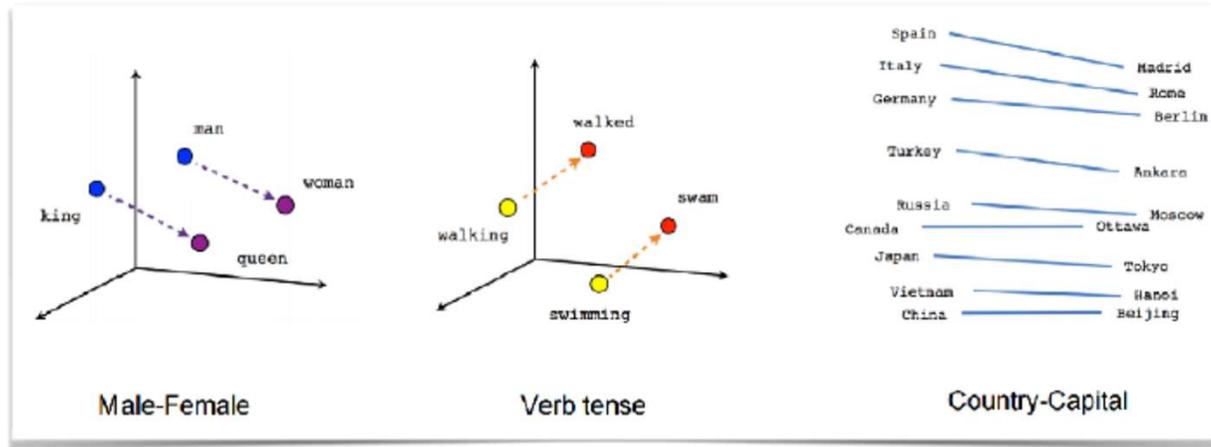


Figure 1-9. Example of a t-SNE visualization highlighting semantic clusters³

Natural language processing: two, too, to...

WORD EMBEDDINGS & TRANSLATION



AI

To optimize the matching of jobs to candidates (Project KIKOMA).

Market analysis
Talent analysis
Augmented writing



Stellenanzeigen-Text

Stellvertretender Abteilungsleiter Kassenwesen (m/w/d)
Bei Peek & Cloppenburg vereinen wir vieles, was man so nicht unbedingt erwartet: Wir sind nicht nur Modehändler, sondern leisten von Design und Produktion unserer Eigenmarken bis zur Warenpräsentation alles selbst. In mehr als 140 Verkaufshäusern und unseren Unternehmenszentralen in Düsseldorf und Wien geben über 16.000 Mitarbeiter verschiedenster Fachrichtungen jeden Tag ihr Bestes - und das für Märkte in 15 Ländern. Dadurch erwarten Sie bei uns eine besondere Vielfalt und sicher auch neue persönliche Herausforderungen.

WAS SIE MITBRINGEN

Eine erfolgreich abgeschlossene kaufmännische Ausbildung oder ein abgeschlossenes Studium
Nachgewiesene praktische Erfahrungen, vorzugsweise in der Dienstleistungs- oder Handelsbranche
Allgemeines (kaufmännisches) Zahlenverständnis
Ausgeprägte Kunden- und Serviceorientierung sowie Organisationsstärke
Ein hohes Maß an Engagement, Eigeninitiative und Hands-on-Mentalität

WAS WIR BIETEN

Persönliche und professionelle Weiterbildung
Individuelle Karriereplanung
Vielfältige Entwicklungsmöglichkeiten
Dynamisches Arbeitsumfeld geprägt von Teamorientierung und Eigenverantwortung
Sicherheit eines traditionsreichen Familienunternehmens
Mitarbeiterabbatt in P&C Verkaufshäusern
Wechselnde Gesundheitsangebote

Analysieren

Analysierter-Text

Stellvertretender Abteilungsleiter Kassenwesen (m/w/d)
Bei Peek & Cloppenburg vereinen wir vieles, was man so nicht unbedingt erwartet: Wir sind nicht nur Modehändler, sondern leisten von Design und Produktion unserer Eigenmarken bis zur Warenpräsentation alles selbst. In mehr als 140 Verkaufshäusern und unseren Unternehmenszentralen in Düsseldorf und Wien **geben** über 16.000 Mitarbeiter verschiedenster Fachrichtungen jeden Tag ihr **bestes** - und das für Märkte in 15 Ländern. Dadurch erwarten Sie bei uns eine besondere Vielfalt und sicher auch neue persönliche Herausforderungen.

WAS SIE MITBRINGEN

Eine erfolgreich abgeschlossene kaufmännische Ausbildung oder ein abgeschlossenes Studium
Nachgewiesene praktische Erfahrungen, vorzugsweise in der Dienstleistungs- oder Handelsbranche
Allgemeines (kaufmännisches) Zahlenverständnis
Ausgeprägte Kunden- und Serviceorientierung sowie Organisationsstärke
Ein hohes Maß an **Engagement**, Eigeninitiative und Hands-on-Mentalität

WAS WIR **bieten**

Persönliche und professionelle Weiterbildung
Individuelle Karriereplanung
Vielfältige Entwicklungsmöglichkeiten
Dynamisches Arbeitsumfeld geprägt von Teamorientierung und Eigenverantwortung
Sicherheit eines traditionsreichen Familienunternehmens
Mitarbeiterabbatt in P&C Verkaufshäusern
Wechselnde Gesundheitsangebote

Auswertung



Score: **0.0000**

$$= (-4 \times (1 + 167)) + (-2 \times (0 + 167)) + (2 \times 167) + (2 \times (1 + 167))$$

Einstieg/Level:

1. Bewerber mit Berufserfahrung: 97,8 %
2. Studienjob: 1,9 %
3. Berufsanfänger: 0,2 %
4. Ausbildung: 0,1 %

Funktion:

1. Vertrieb / Verkauf: 98,3 %
2. Banking: 0,3 %
3. Marketing / Produktmanagement: 0,3 %
4. Beratung: 0,2 %
5. Steuern / Versicherungen: 0,2 %
6. Management und Geschäftsführung: 0,2 %
7. Controlling: 0,2 %

Branche:

1. Textil / Bekleidung: 80,1 %
2. Tourismus / Gastronomie: 6,5 %
3. Unternehmensberatung: 2,9 %
4. Nahrungs- / Genussmittel: 2,4 %
5. Forschung/Wissenschaft: 1,7 %
6. Verlags- / Pressewesen: 1,3 %
7. Luft- / Raumfahrttechnik: 0,9 %

seriously creative



creatively serious

Recruit-O-Mat at Jobstairs.de

Famulant = Clinical clerkship / internship / residence (med)

Recruit-O-Mat

Stellenanzeigen-Text:

Famulant (m/w/d) in der Flughafenklinik Frankfurt

Ihre Aufgaben:

- Mitarbeit bei der umfassenden notfallmedizinischen Versorgung in einer der weltweit größten Flughafenambulanzen
- Durchführung diverser Tätigkeiten unter Aufsicht: Anamnese, körperliche Untersuchung, apparative Verfahren nach Einweisung, Entwicklung von Therapieplänen und Durchführung nach Rücksprache mit dem Tutor
- Einblick in die Reise- und Impfmedizin
- Möglichkeit zur Hospitation in der Arbeitsmedizin (1 - 2 Tage)

Ihr Profil:

- Fortgeschrittenes Studium der Humanmedizin und erfolgreicher Abschluss der ärztlichen Vorprüfung
- Mindestens je eine abgeschlossene Klinik- und Praxisfamulatur
- Gute Englischkenntnisse in Wort und Schrift, weitere Fremdsprachen wünschenswert
- Interesse an der Notfall- und Akutmedizin
- Einwandfreies Führungszeugnis
- Bereitschaft zu Früh-, Spät- und Nachtdienst

Einstieg/Level:

1. Bewerber mit Berufserfahrung: 93,6 %
2. Berufsanfänger: 1,8 %
3. Trainee: 1,6 %
4. Ausbildung: 1,4 %
5. Praktikum: 1,3 %
6. Studienjob: 0,2 %
7. Abschlussarbeit: 0,2 %

Funktion:

1. Medizin / Pharmazie: 44,9 %
2. Ausbildung / Weiterbildung: 14,1 %
3. Qualitätsmanagement / Testverfahren: 11,2 %
4. Einkauf / Beschaffung: 5,5 %
5. Management und Geschäftsführung: 4,5 %
6. Service und Kundenbetreuung: 3,0 %
7. Recht / Patentwesen: 2,6 %
8. Forschung und Entwicklung / Konstruktion: 2,6 %

Branche:

1. Dienstleistungen: 46,9 %
2. Transport / Logistik / Verkehr: 32,8 %
3. Elektrotechnik/Elektronik: 12,5 %
4. sonstige Branchen: 2,4 %
5. Chemie/Pharma/Biotech: 1,7 %
6. Gesundheitswesen / Medizin: 1,1 %
7. Bauwirtschaft: 0,6 %
8. Telekommunikation: 0,3 %

Recruit-O-Mat at Jobstairs.de

Recruit-O-Mat

Stellenanzeigen-Text:

Praktikant (m/w/d) im Bereich Verfahrenstechnik / Instandhaltung

Wir sind Covestro. Wir sind neugierig. Wir sind mutig. Wir sind vielfältig. Wir haben chemische Materiallösungen mit bahnbrechenden Produkten verfeinert. Lassen Sie uns gemeinsam Grenzen überschreiten. Schließen Sie sich uns und unseren 16.000 Kollegen an und zusammen werden wir die Welt lebenswerter machen.

Was wir bieten

Unser Funktionsbereich CTO (Chief Technology Officer) sorgt für einen reibungslosen und sicheren Ablauf an den internationalen Produktionsstandorten. Zudem ist er für die Planung, Errichtung und Weiterentwicklung unserer Produktionsanlagen zuständig.

Sie verstärken unsere Teams am Produktionsstandort Dormagen, unterstützen die unterschiedlichen Technikeinheiten und können Ihr im Studium erworbenes Wissen dort einsetzen, wo es gebraucht wird – in der Optimierung und Instandhaltung unserer Produktionsanlagen. Uns bei Covestro liegt ein aktives Praktikantennetzwerk am Herzen, in das wir Sie integrieren und wodurch Sie einen Überblick über unser Unternehmen erhalten. Für dieses Praktikum bevorzugen wir eine Einsatzdauer von 4 Monaten.

In Ihrem Praktikum unterstützen Sie unsere Werkstattorganisation in Dormagen bei Projekten sowie im Tagesgeschäft in den Produktionsbetrieben und nehmen folgende Aufgaben wahr:

- Erstellung, Durchsicht, Ergänzung sowie Ablage von Maschinendokumentationen, Herstelleranweisungen, Betriebsanweisungen etc.
- Unterstützung auf dem Gebiet „Betreiberpflichtungen“ in Bezug auf externe und interne Regelungen
- Begleitung kleinerer Projekte mit dem Schwerpunkt der Instandhaltung
- Anfertigung von Auswertungen zu den Themen Ereignismeldungen, Gesundheitsmanagement etc.

Analysieren

Einstieg/Level:

1. Berufsanfänger: 85,5 %
2. Praktikum: 14,4 %

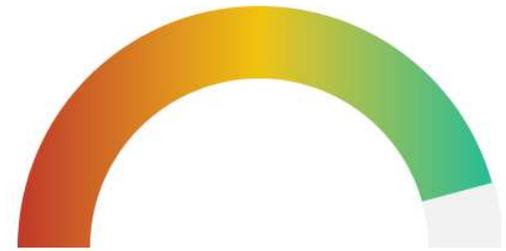
Funktion:

1. Projektmanagement: 48,1 %
2. Produktion: 9,0 %
3. Finanzen: 8,9 %
4. Forschung und Entwicklung / Konstruktion: 8,8 %
5. Sonstiges: 4,3 %
6. Administration / Verwaltung: 3,8 %
7. Qualitätsmanagement / Testverfahren: 3,7 %

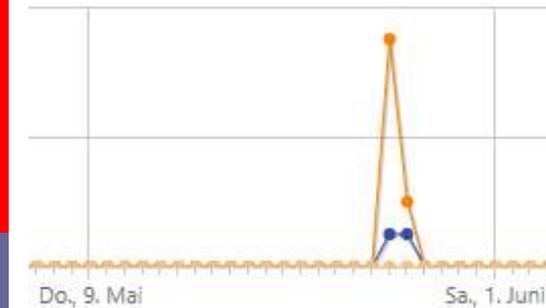
Branche:

1. Chemie/Pharma/Biotech: 88,5 %
2. Gesundheitswesen / Medizin: 4,9 %
3. sonstige Branchen: 1,2 %
4. Luft- / Raumfahrttechnik: 0,8 %
5. Medien: 0,8 %
6. Tourismus / Gastronomie: 0,7 %
7. Werbung / PR / Marktforschung: 0,5 %

Augmented writing,



Score: 80



Sie verstärken unsere Teams am Produktionsstandort Dormagen, **unterstützen** die unterschiedlichen Technikeinheiten und können Ihr ir
gebraucht wird – in der Optimierung und Instandhaltung unserer Produktionsanlagen. Uns bei Covestro liegt ein aktives Praktikante
wodurch Sie einen Überblick über unser Unternehmen erhalten. Für dieses Praktikum bevorzugen wir eine Einsatzdauer von 4 Monaten
In Ihrem Praktikum **unterstützen** Sie unsere Werkstattorganisation in Dormagen bei Projekten sowie im Tagesgeschäft in den Produktion
· Erstellung, Durchsicht, Ergänzung sowie Ablage von Maschinendokumentationen, Herstelleranweisungen, Betriebsanweisungen etc.
· **Unterstützung** auf dem Gebiet „**Betreiberverpflichtungen**“ in Bezug auf externe und **interne Regelungen**
· Begleitung kleinerer Projekte mit dem Schwerpunkt der Instandhaltung
· Anfertigung von Auswertungen zu den Themen Ereignismeldungen, Gesundheitsmanagement etc.

Was Sie mitbringen

- Sie sind eingeschriebener Student (m/w/d) an einer TH/TU/ FH im fortgeschrittenen Bachelor- oder Masterstudium
 - Sie haben erste Erfahrungen in der Verfahrenstechnik durch Ihr Studium, z. B. Studium der Verfahrenstechnik, Chemieingenieurwesen,
 - Sie können bereits relevantes Fachwissen im Ingenieursbereich vorweisen, z. B. anhand der guten Noten abgeschlossener Prüfungen o
 - Eine ausgeprägte **Kommunikations-** und **Teamfähigkeit** sowie Kostenbewusstsein gehören zu Ihren Stärken
 - Sehr gute Deutschkenntnisse runden ihr Profil ab
 - Sie sind bei uns richtig, wenn Sie in Zukunft einen Werdegang im Ingenieurwesen mit Schwerpunkt Instandhaltung anstreben, wozu I
- Berufsalltag geben kann

Ihre Bewerbung

Sind Sie neugierig, **mutig** und vielfältig? Dann bieten wir Ihnen spannende **Karrieremöglichkeiten**. Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung

Jobstairs.de

Generating new (GAN)

GENERATIVE ADVERSARY NETWORKS

Chinese Poetry Generation with Planning based Neural Network

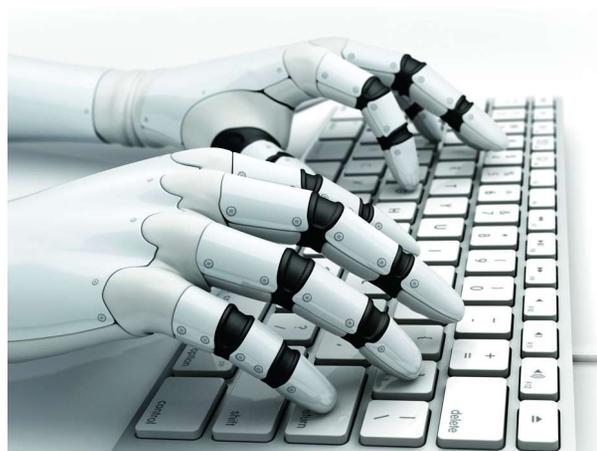
Zhe Wang[†], Wei He[‡], Hua Wu[†], Haiyang Wu[†], Wei Li[†], Haifeng Wang[†], Enhong Chen[†]

[†]University of Science and Technology of China, Hefei, China

[‡]Baidu Inc., Beijing, China

xiaose@mail.ustc.edu.cn, cheneh@ustc.edu.cn

{hewei06, wu_hua, wuhaiyang, liwei08, wanghaifeng}@baidu.com



<p>秋夕湖上 By a Lake at Autumn Sunset 一夜秋凉雨湿衣， A cold autumn rain wetted my clothes last night, 西窗独坐对夕晖。 And I sit alone by the window and enjoy the sunset. 湖波荡漾千山色， With mountain scenery mirrored on the rippling lake, 山鸟徘徊万籁微。 A silence prevails over all except the hovering birds.</p>	<p>秋夕湖上 By a Lake at Autumn Sunset 荻花风里桂花浮， The wind blows reeds with osmanthus flying, 恨竹生云翠欲流。 And the bamboos under clouds are so green as if to flow down. 谁拂半湖新镜面， The misty rain ripples the smooth surface of lake, 飞来烟雨暮天愁。 And I feel blue at sunset.</p>
---	--

Table 6: A pair of poems selected from the blind test. The left one is a machine-generated poem, and the right one is written by Shaoti Ge, a poet lived in the Song Dynasty.

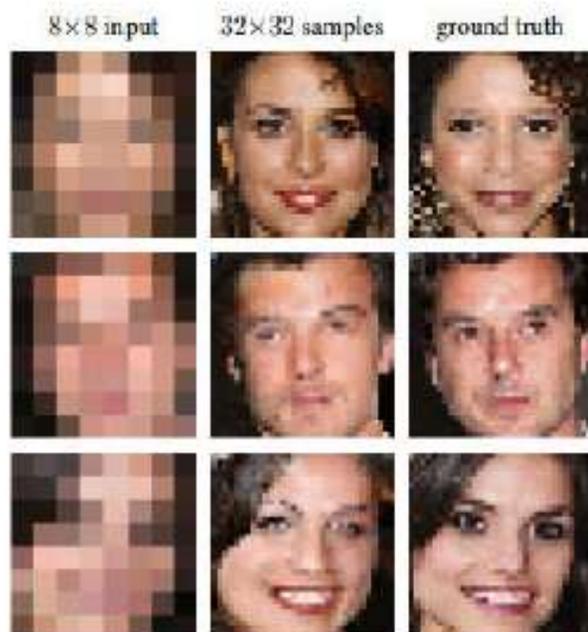
None of these people has ever existed



Generation

Image Super Resolution

Conditional generative model $P(\text{high res image} \mid \text{low res image})$



Ledig et al., 2017

GAN-generating configurations

Regressive and generative neural networks for scalar field theory

Kai Zhou,^{1,2,*} Gergely Endrődi,² Long-Gang Pang,^{1,3,4} and Horst Stöcker^{1,2,5}

¹Frankfurt Institute for Advanced Studies, 60438 Frankfurt am Main, Germany

²Institut für Theoretische Physik, Goethe Universität, 60438 Frankfurt am Main, Germany

³Department of Physics, University of California, Berkeley, CA 94720, USA

⁴Nuclear Science Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA 94720, USA

⁵GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, 64291 Darmstadt, Germany

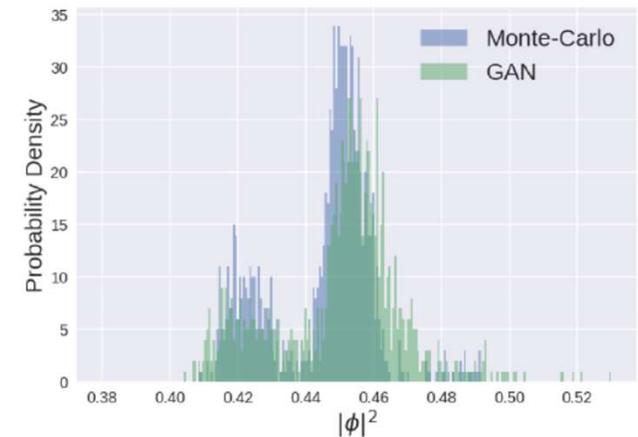
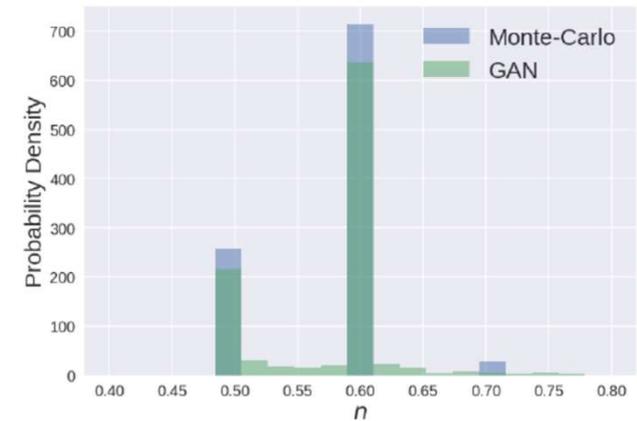
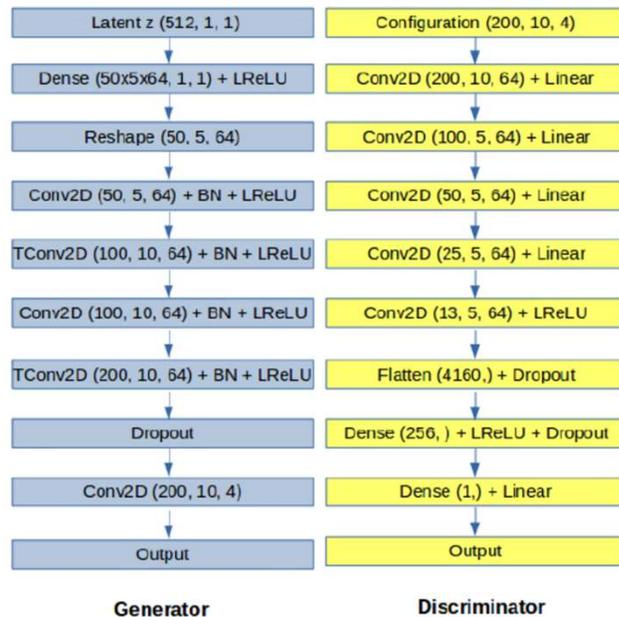
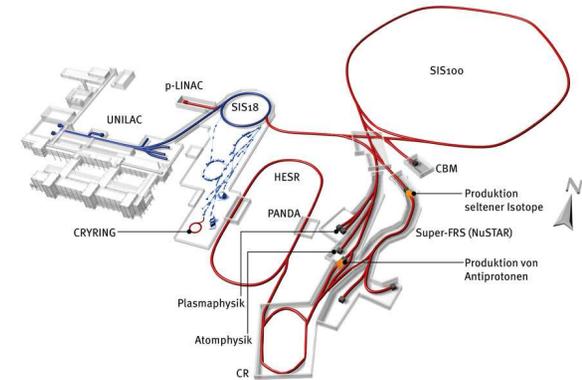


FIG. 10. The probability density distribution of the number density n (top panel) and of the squared field $|\phi|^2$ (bottom panel) from the GAN (green) along with training data distribution obtained from the Monte-Carlo simulation (blue) for fixed chemical potential $\mu = 1.05$ with 1000 samples.

AI for (future) Detectors

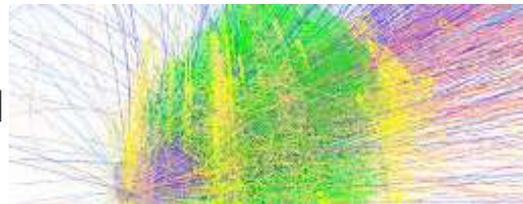
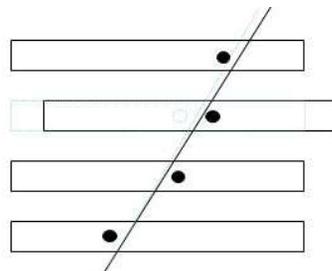
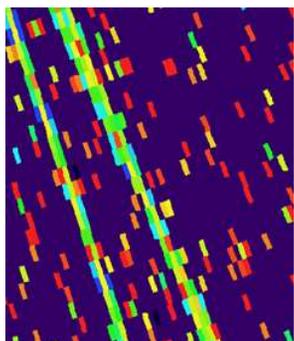
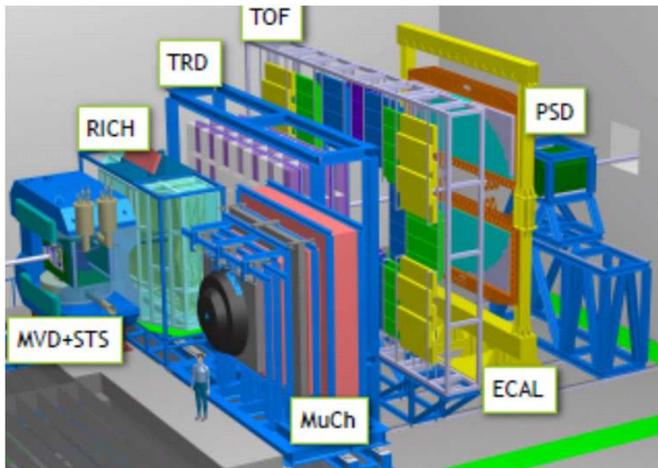
Challenges at the new FAIR collider:

- 10^5 - 10^7 collisions per second, high data flux
- High radiation load, aging
- Many particles/tracks per collision



Solutions:

- AI allows online decoding of underlying physics for the event selection, with controlled accuracy
- AI-algorithms for frequent recalibration and quality control of detector sub-systems
- Great speed-up of tracking and realignment algorithms by AI-optimisation

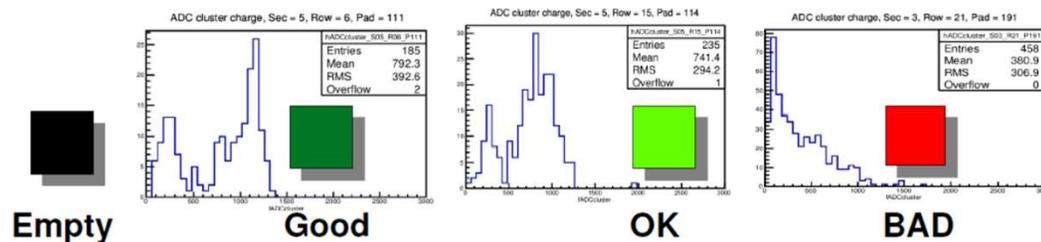


AI for calibration

- An algorithm will be trained to distinguish “useful” pad-signal from “noise” based on patterns of the ADC wave front from pads or clusters.

- **Kr decay charge spectrum gives a way to localise channel deterioration/malfunction in the TPC ;**

**(1) Starting point: eye-scan sample ($1-10 \times 10^3$ pads) ;
classified into:**



(2) Divide into Training Sample and Test Sample (fifty-fifty) ;

(3) Train the NN (run it on Training Sample):

in progress: O. Linnyk, N. Davis, A. Rybicki

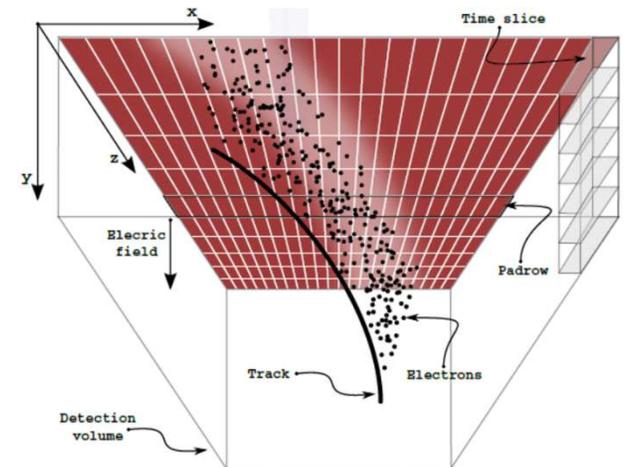
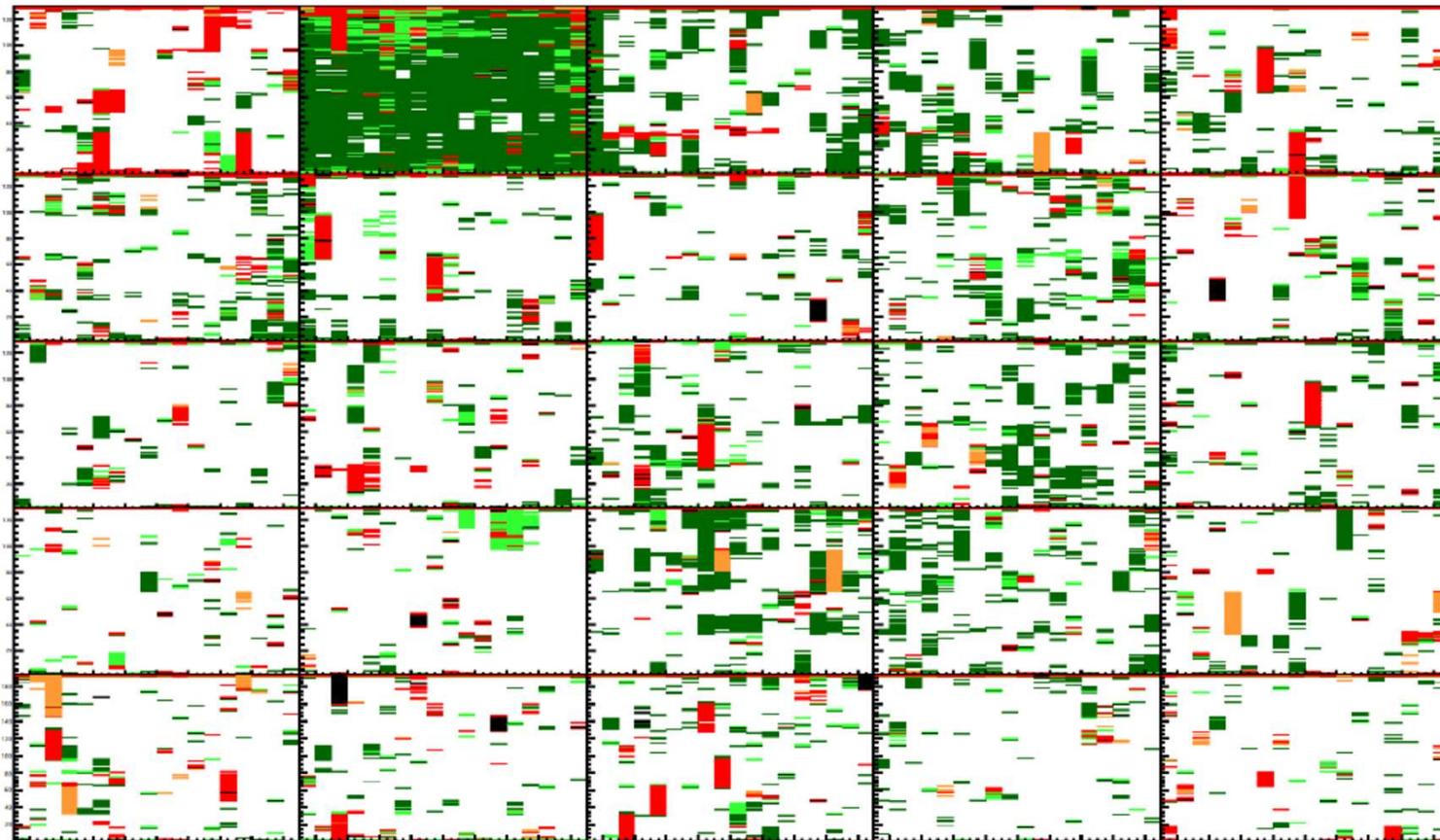


Figure 2. Simplified illustration of TPC working principle.

Training and test data

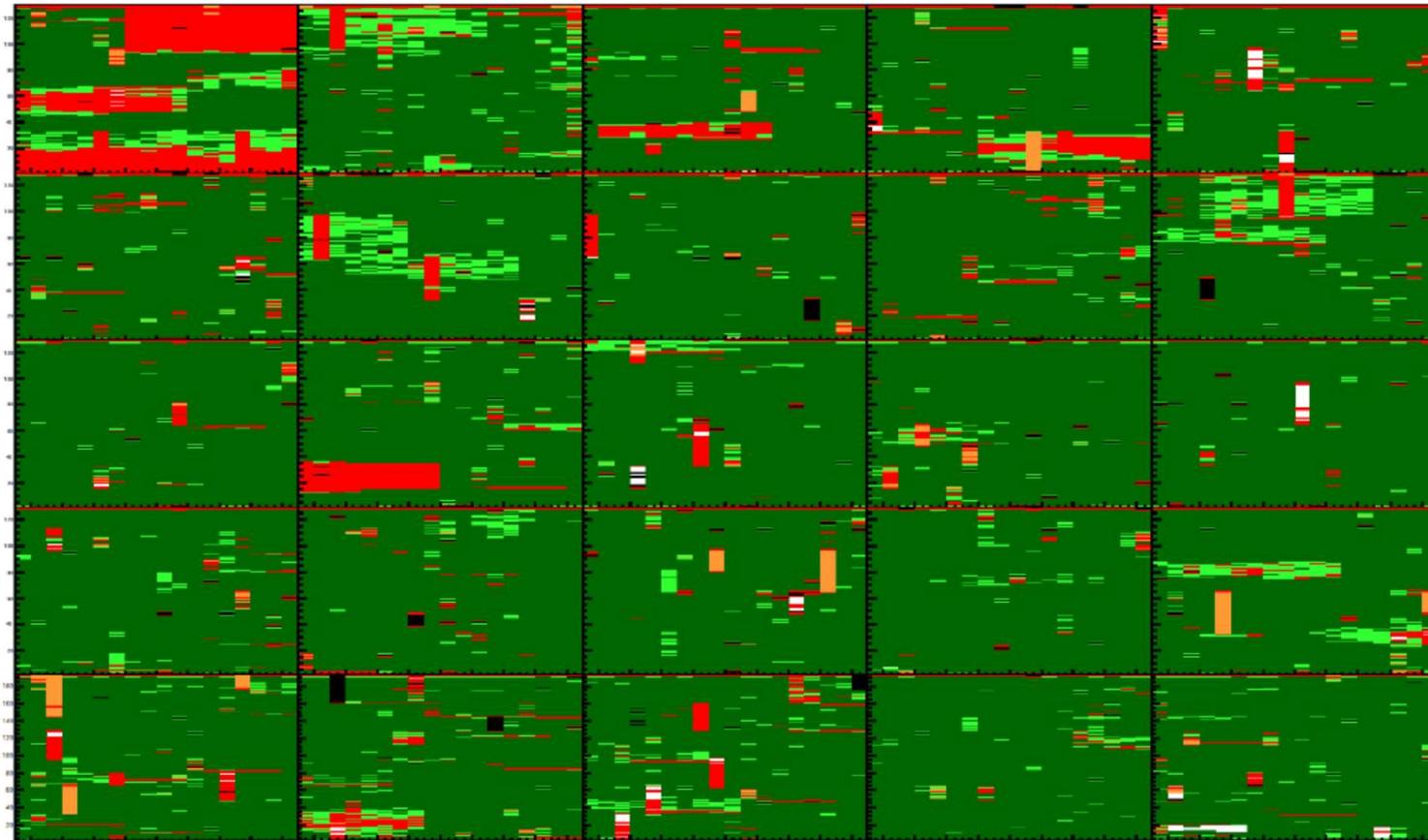
MTPCL, run 18298, 2014
Human Eye-Scan



Predictions

MTPCL, run 18298
Neural Network

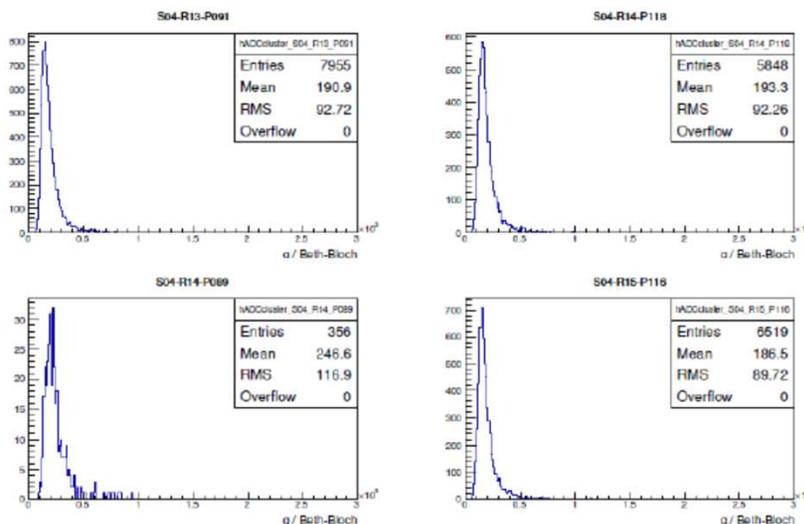
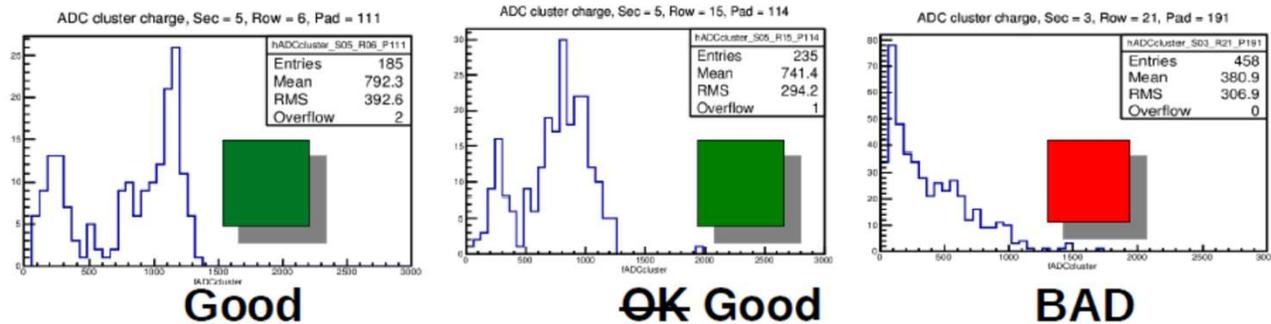
- (1) consistency ;
- (2) clusters of problematic pads [RED] ;
- (3) ... also outside Michał's 2D preselection (!)
- (4) WHITE – low count regions



Usage in Ar+Sc data taking

(2) Construct spectra of cluster charge for Ar+Sc collisions:

- Charge from vtx tracks with $N_{\text{points}} \geq 30$, with pion dedx cuts: $\pm 5\%$ around pion Bethe-Bloch.



- Note they are very

different from Kr spectra!

(2) Divide into test/training

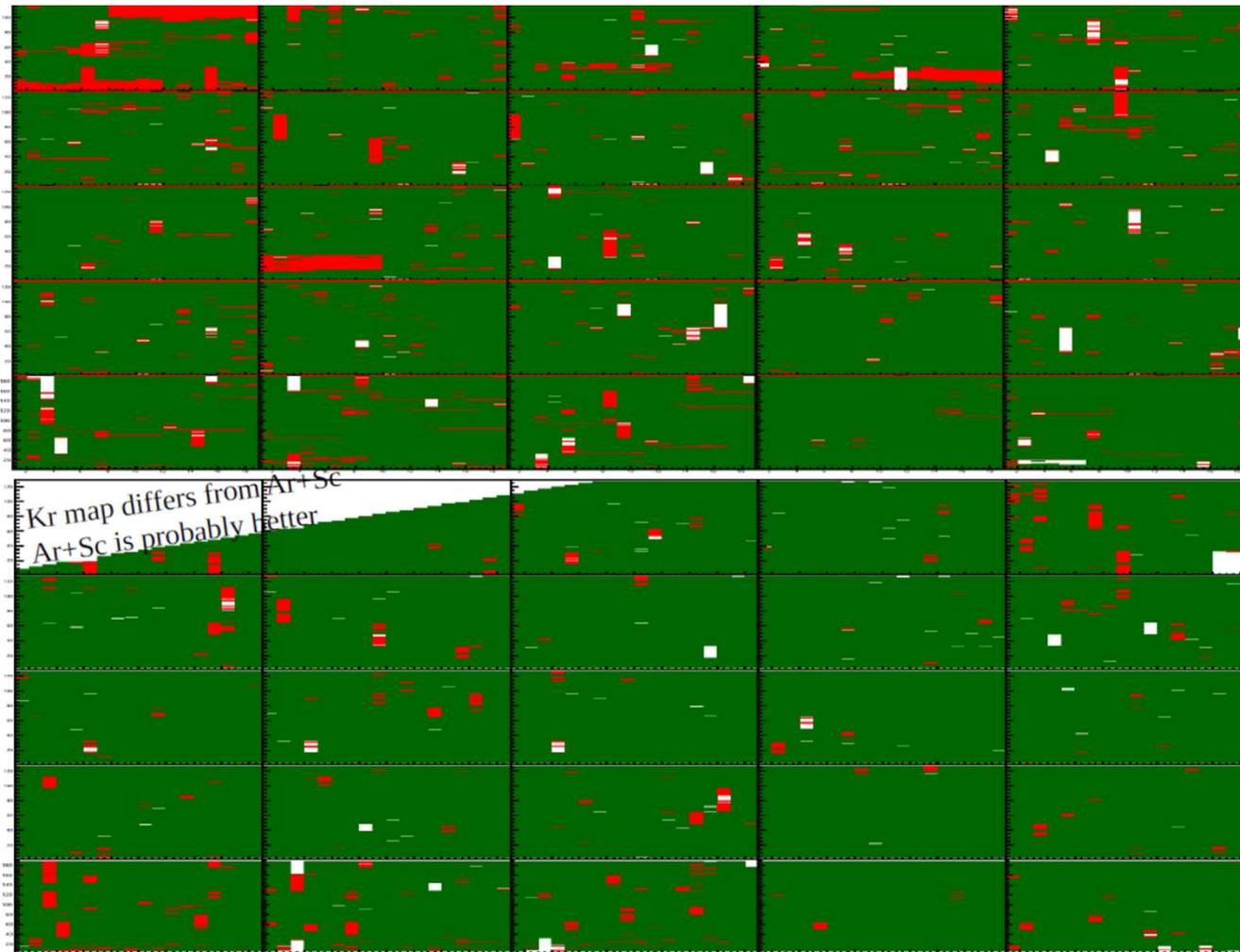
- 4712 / 1178 samples

(3) Train the NN (by Kr info)

- Accuracy on train/test:

~ 86%

Quality control



Quality control

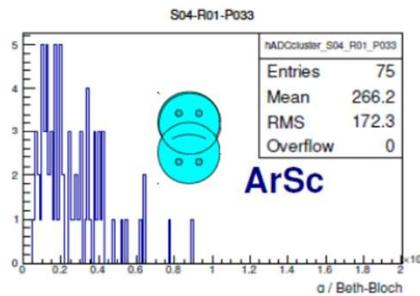
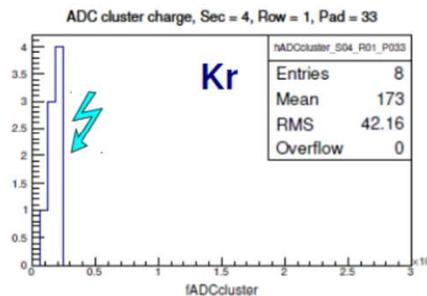
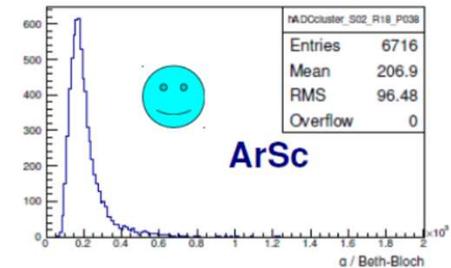
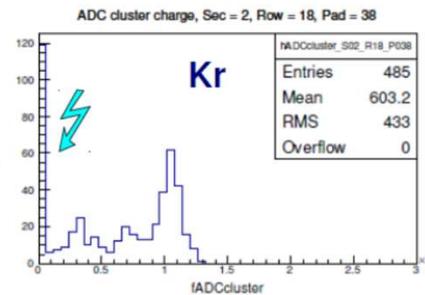
→ The NN is more accurate than the score would indicate, and even corrects eye-scan on the basis of ArSc spectra experience!

Comparison A.I. Kr vs. ArSc

Random set of ~1000 pads selected

Assignment A.R.'s verdict on ArSc A.I.'s decision

Kr	ArSc	total	wrong	right
Good	Bad	26	12	14
Bad	Good	143	14	129



The above is a canonical example of **right** decision by the ArSc A.I.: the noise at low krypton charge was decided to **disqualify** the pad, but a **completely normal** ArSc charge spectrum emerges.

Wrong decisions by the ArSc A.I. also take place but seem to be **rare** :

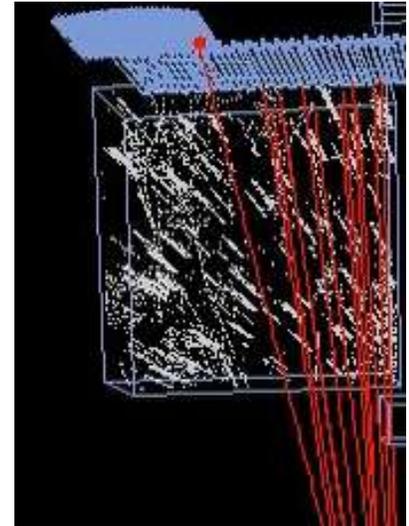
$$(12+14)/1000 = 2.6\%$$

Perspective: online calibration

NA61 TPCs record hits, if individual pads are activated. But during operation, a fraction of the registered activated clusters (hits) is actually noise and will not be part of any track.

Thus the tracking routines provide us “labels” for training.

After the training is done, the decisions on the pad signals in fast. If AI labels a particular “hit” as fake with high enough certainty (for instance 95%), then it can be removed from tracking.



Work in progress: O. Linnyk, W. Bryliński, M. Gaździcki,
N. Davis, A. Rybicki

Thank you for your attention

Other machine learning topics in our group:

„AI-Judge“

Earthquake prediction

Prediction of power prices

Collaborations welcome!



Thanks to:

H. Stöcker,

K. Zhou,

J. Steinheimer,

W. Bryliński,

M. Gaździcki,

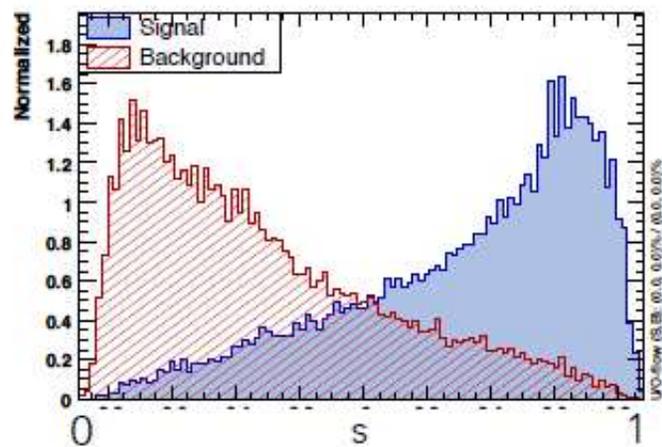
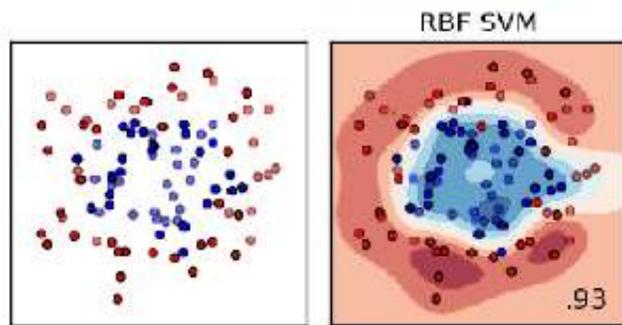
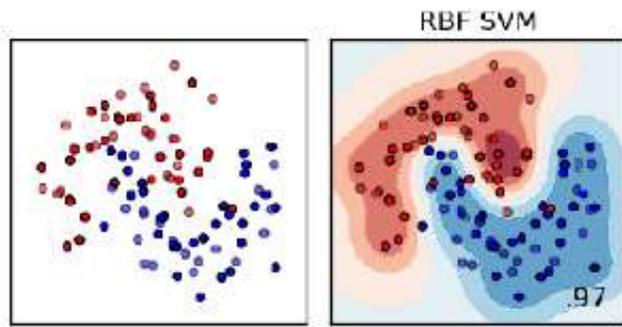
N. Davis,

A. Rybicki,

J. Kohl,

I. Teetz

MACHINE LEARNING: CLASSIFIERS



Common to use machine learning classifiers to separate signal (H_1) vs. background (H_0)

- want a function $s: X \rightarrow Y$ that maps signal to $y=1$ and background to $y=0$
- **calculus of variations**: find function $s(x)$ that minimizes **loss**:

$$L[s] = \int p(x|H_0) (0 - s(x))^2 dx + \int p(x|H_1) (1 - s(x))^2 dx$$

Convolutional neural networks: Kanten

