

Cluster-Klassifikations-Methoden am Elektromagnetischen Kalorimeter des ALICE Detektors mittels Machine-Learning



Netzwerk Teilchenwelt Projektwochen
Ida Wöstheinrich

Supervisor: Rüdiger Haake

ALICE



NETZWERK
TEILCHENWELT

1



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN



WESTFÄLISCHE
WILHELMS-UNIVERSITÄT
MÜNSTER



Inhalt:

1. Das ALICE Experiment

- **Das Quark-Gluonen-Plasma**
- **Der Detektor**

2. Das EMCal

3. Die Cluster Typen

4. Die Parameter

5. Die Standardmethode

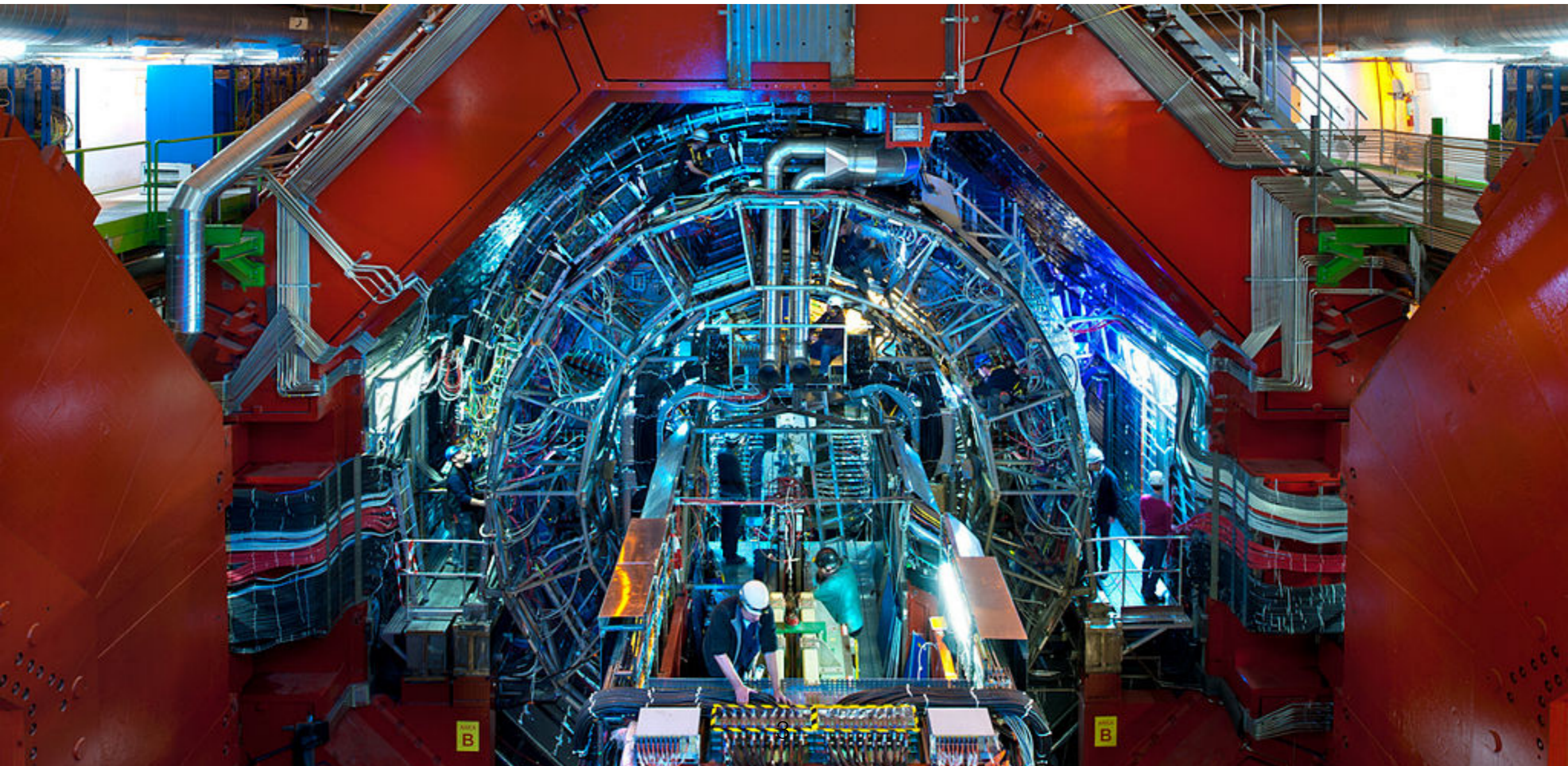
6. Die Machine-Learning-Methoden

- **Der MLPClassifier**
- **Der Random Forest Classifier**
- **Evaluation**

7. Zusammenfassung

A Large Ion Collider Experiment

- 10 000 Tonnen schwer
- 26 m lang, 16 m hoch und 16 m breit
- 56 Meter unter dem Boden
- 19 verschiedene Detektoren

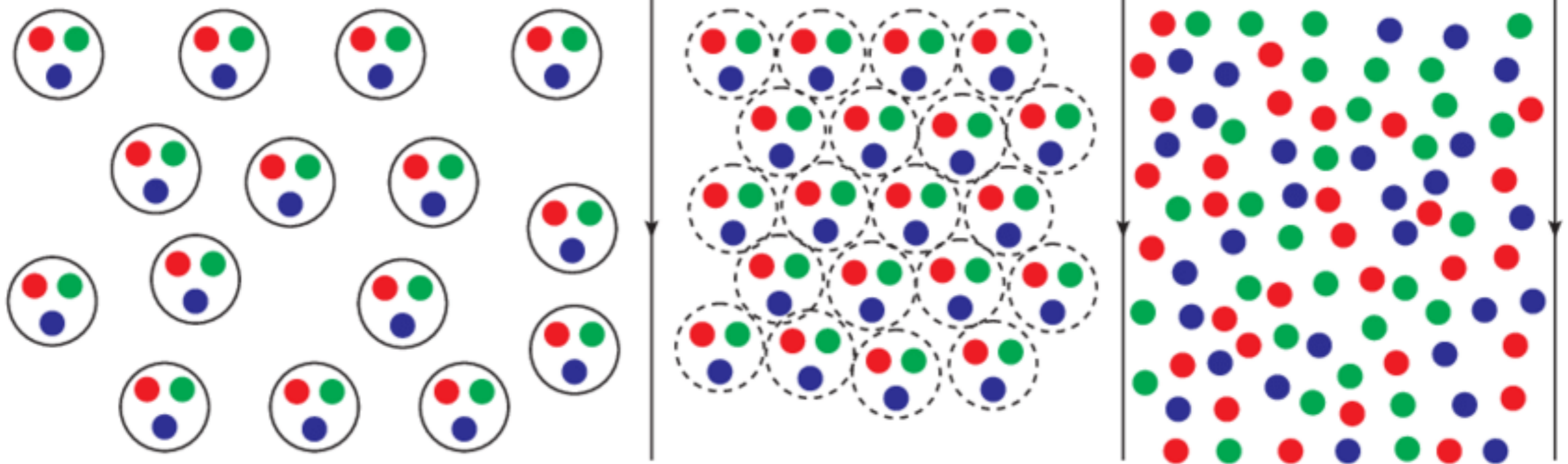


Das Quark-Gluonen-Plasma (QGP)

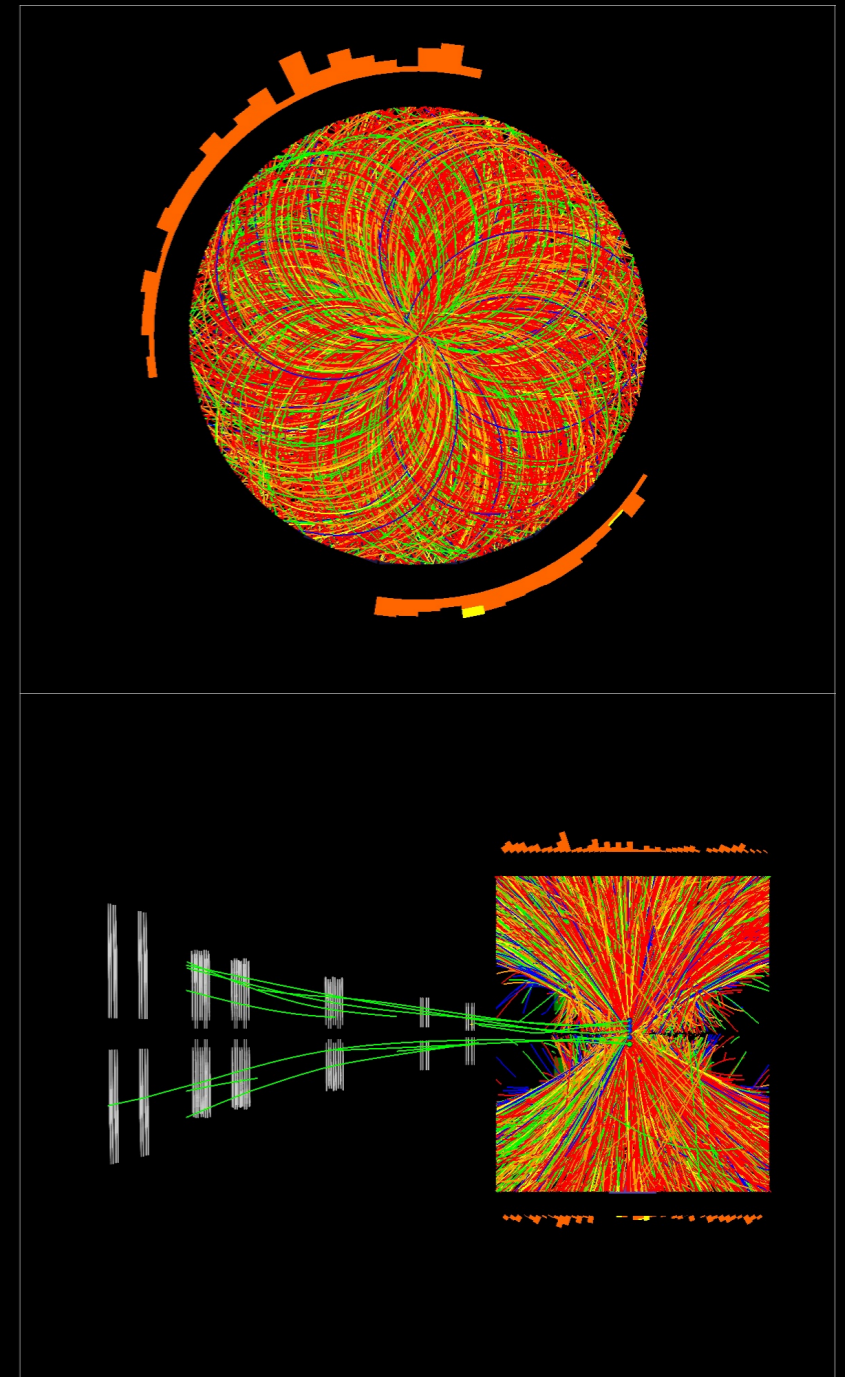
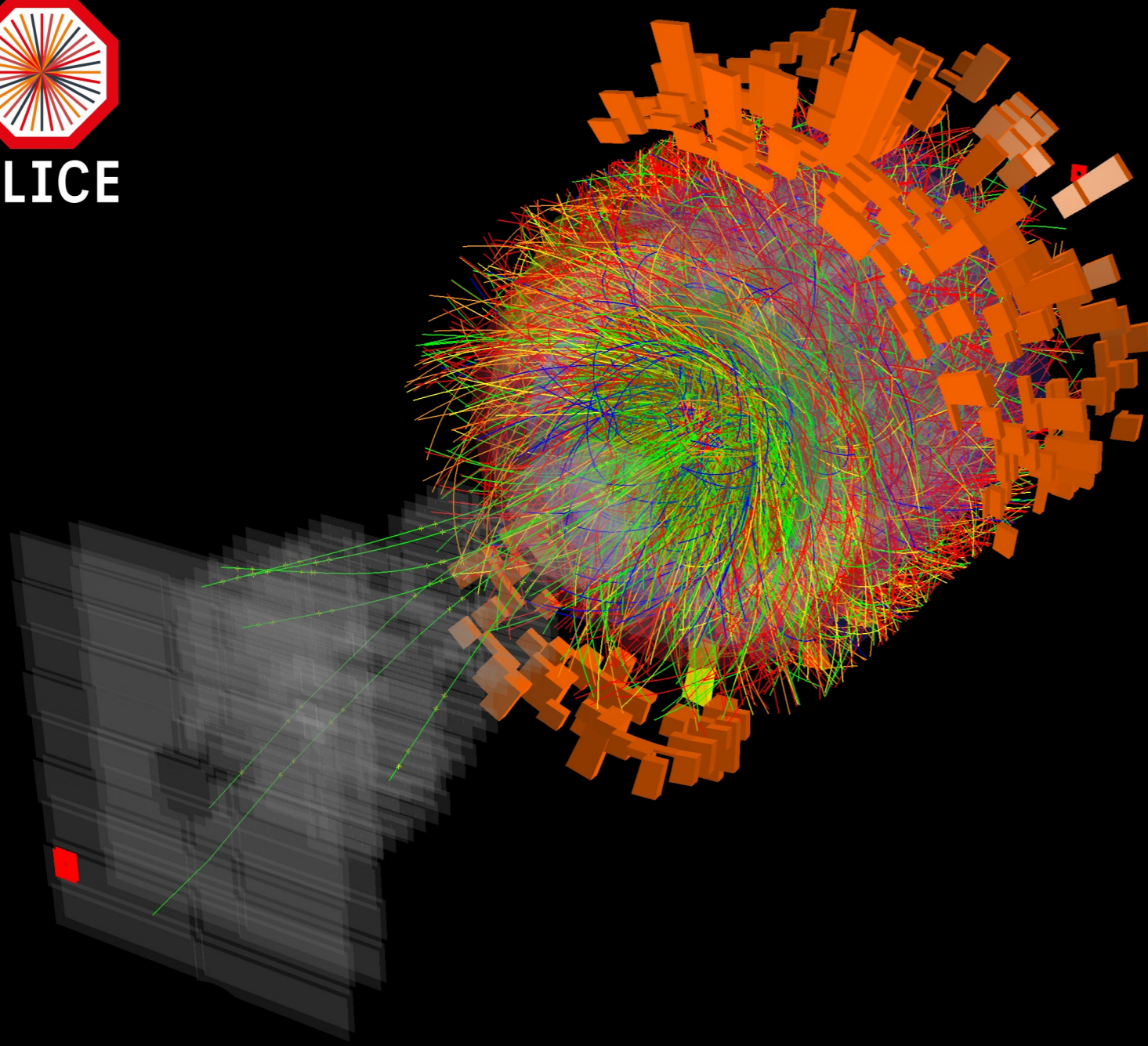
Heating

ca. 2 000 000 000 000 °C

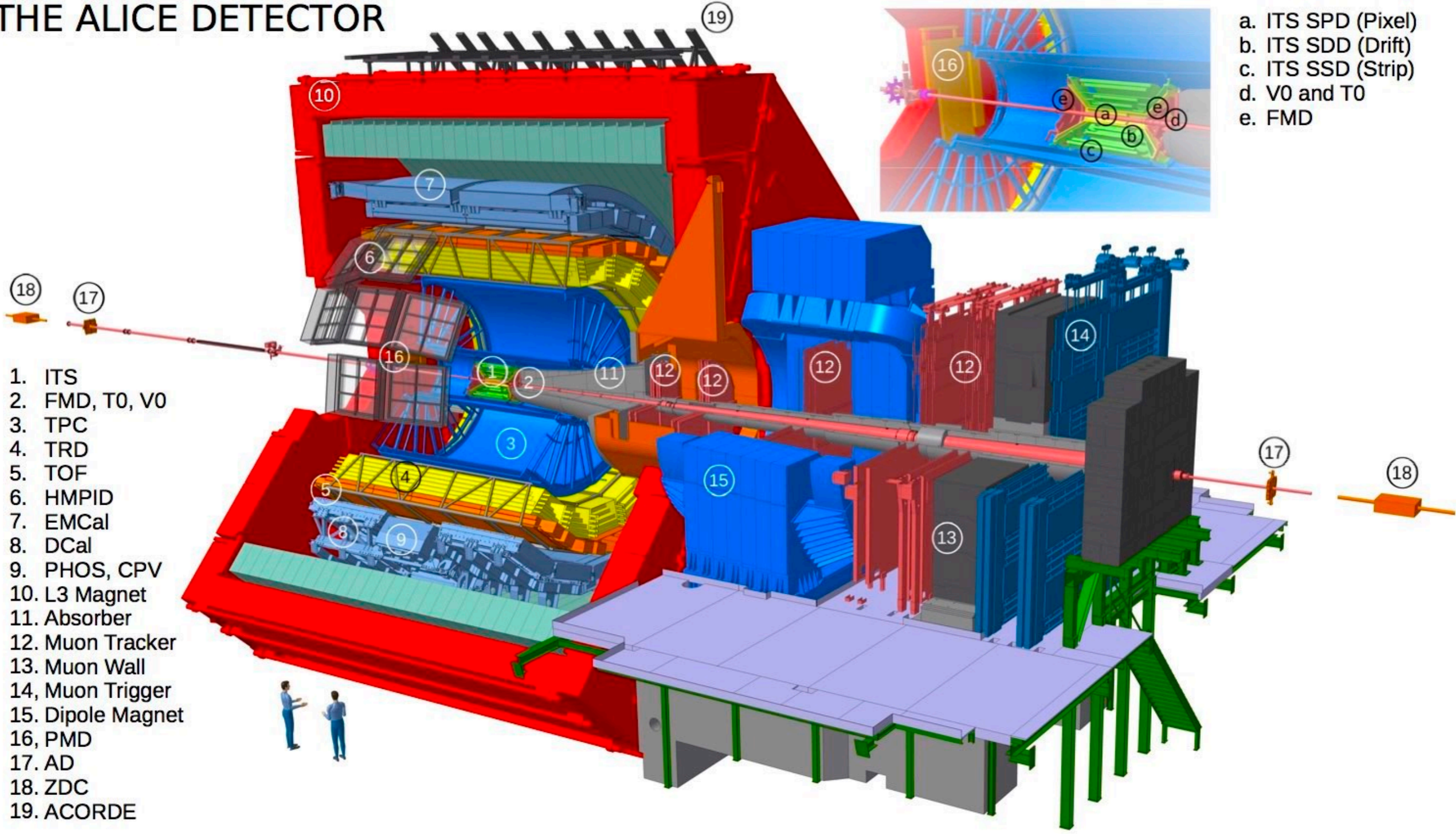
Compression



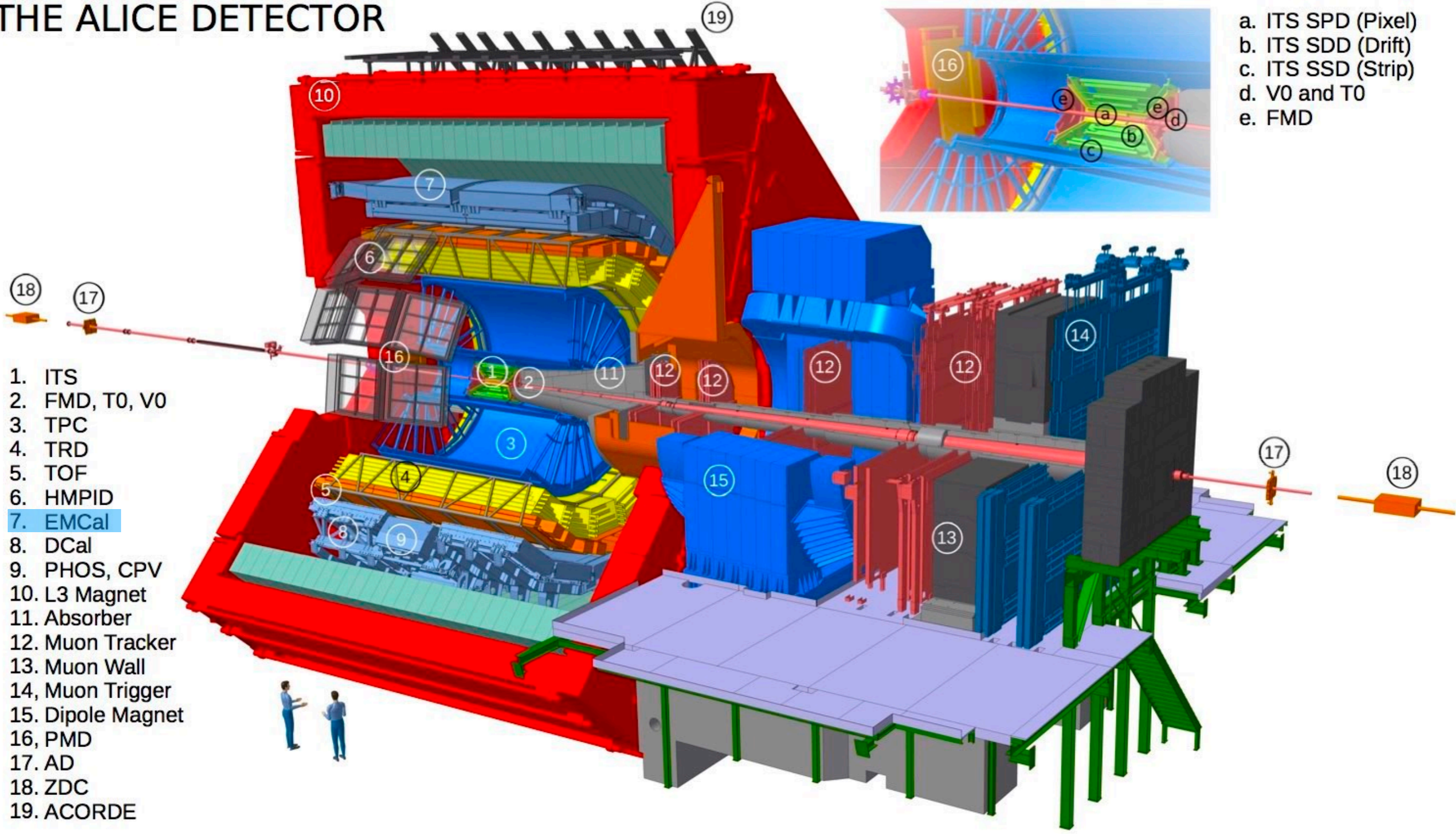
Schwerionen-Kollisionen -Pb-Pb



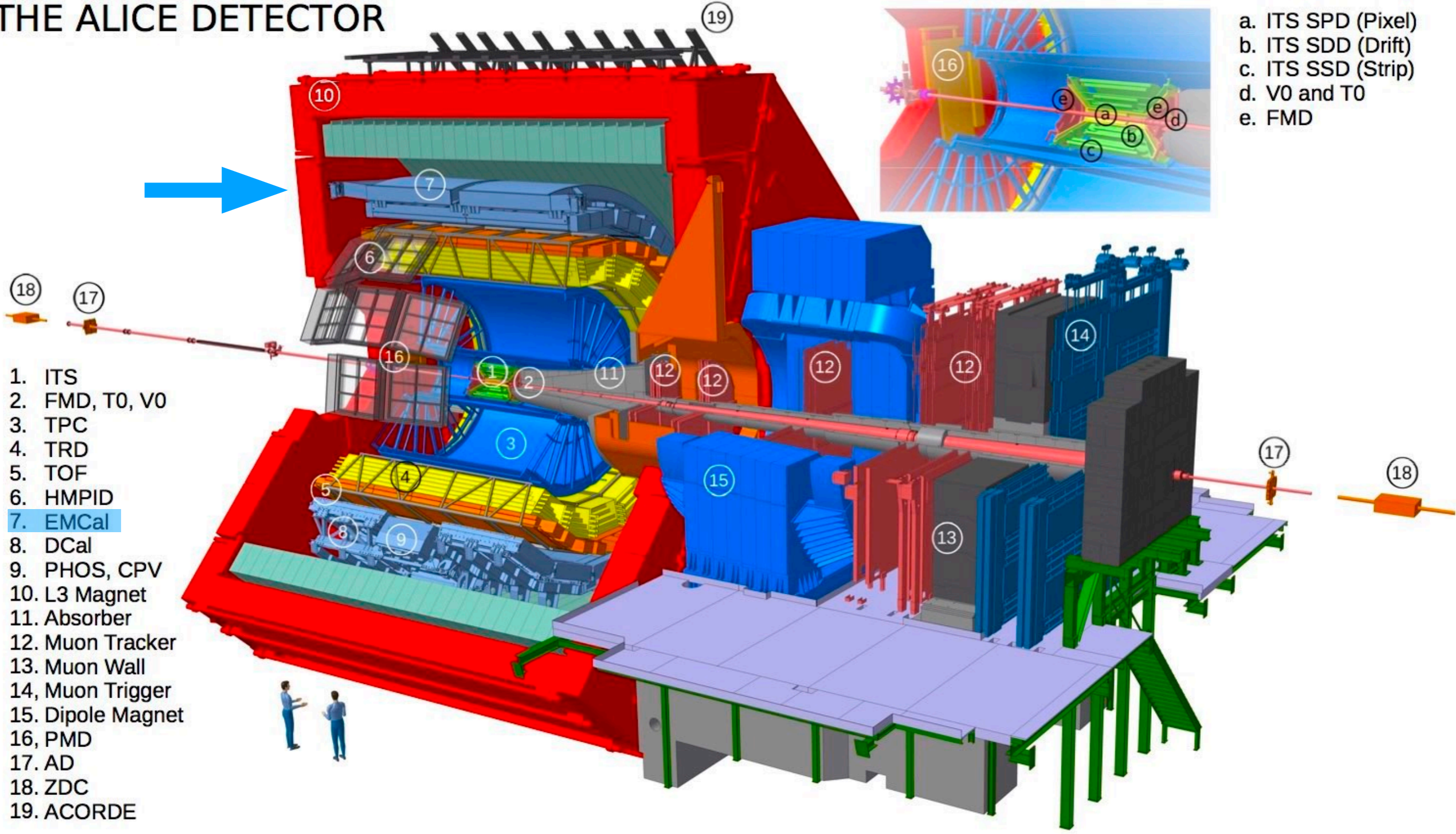
THE ALICE DETECTOR

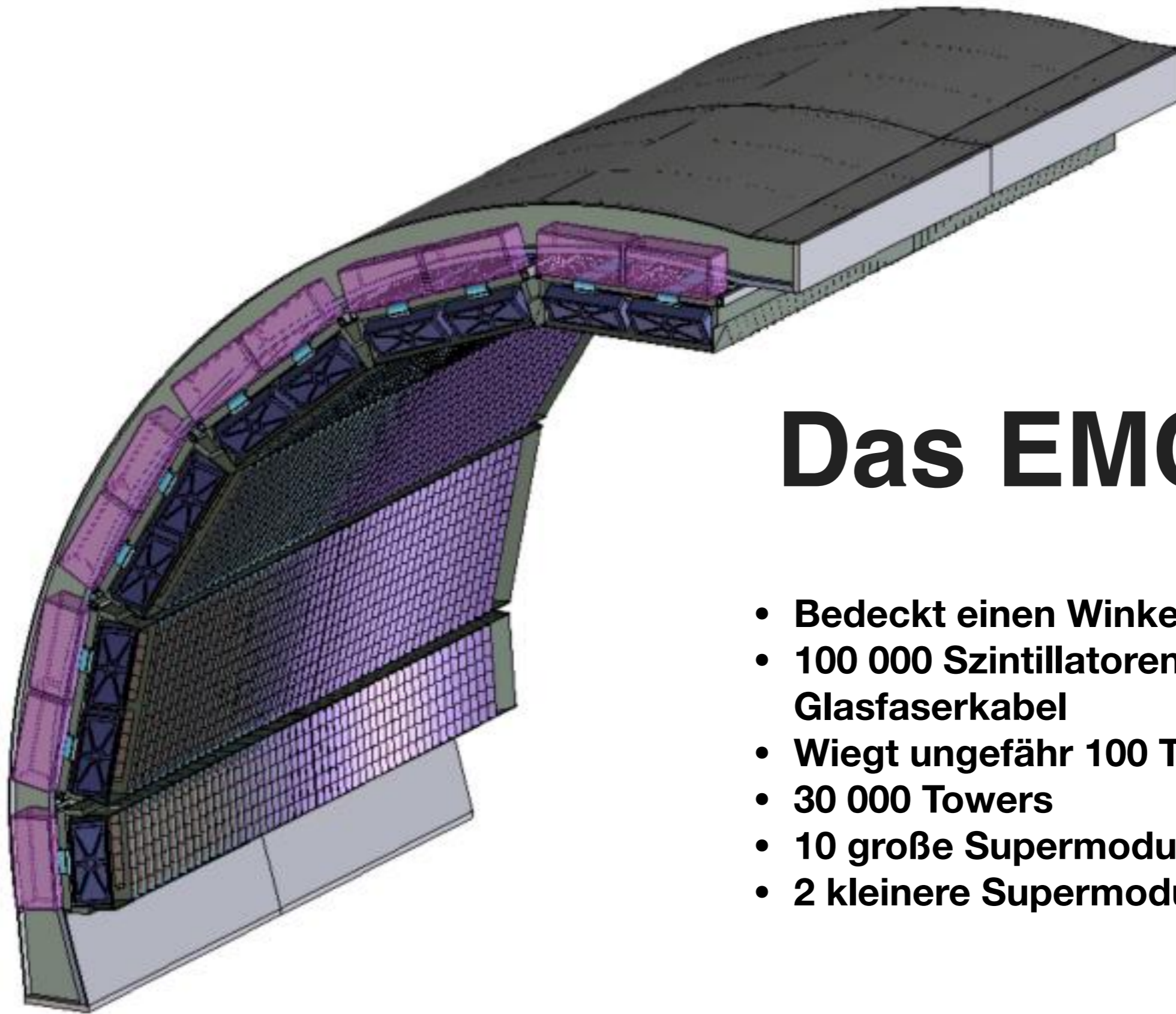


THE ALICE DETECTOR



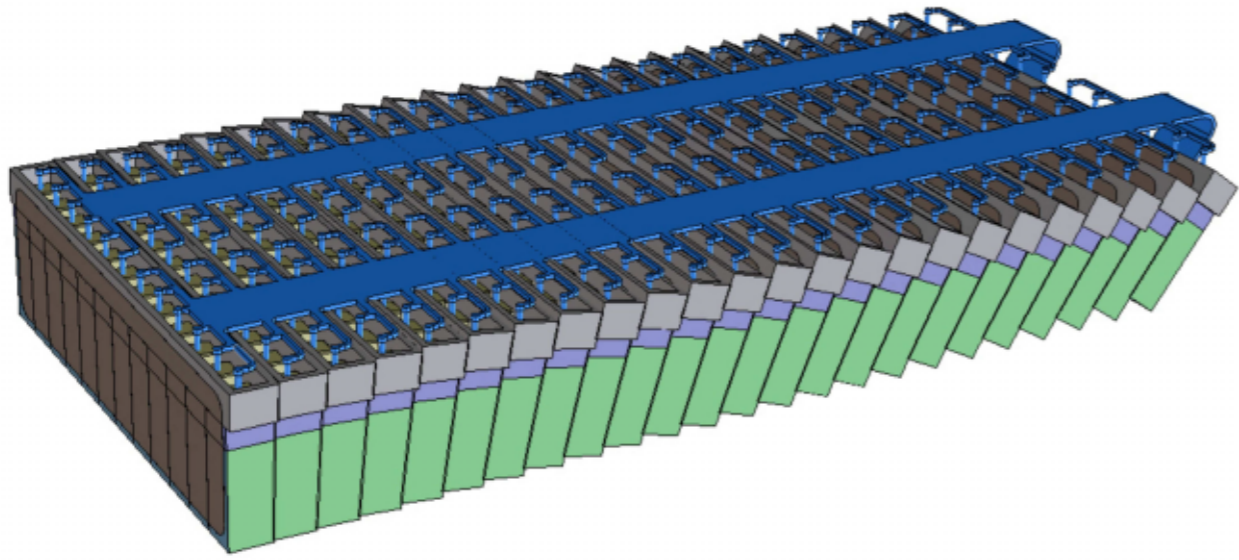
THE ALICE DETECTOR



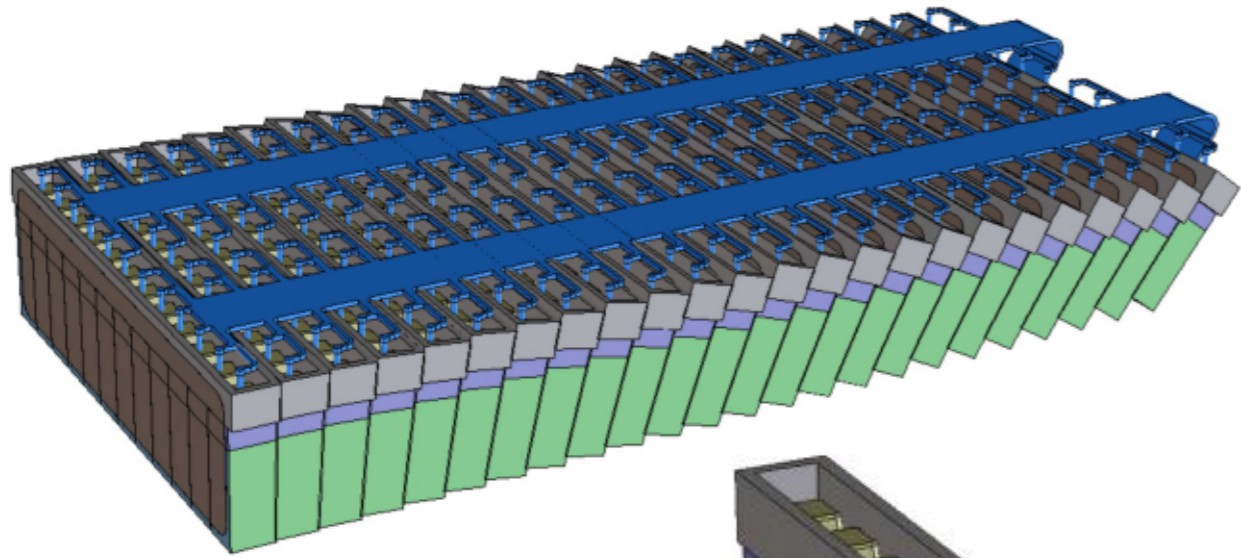


Das EMCAL

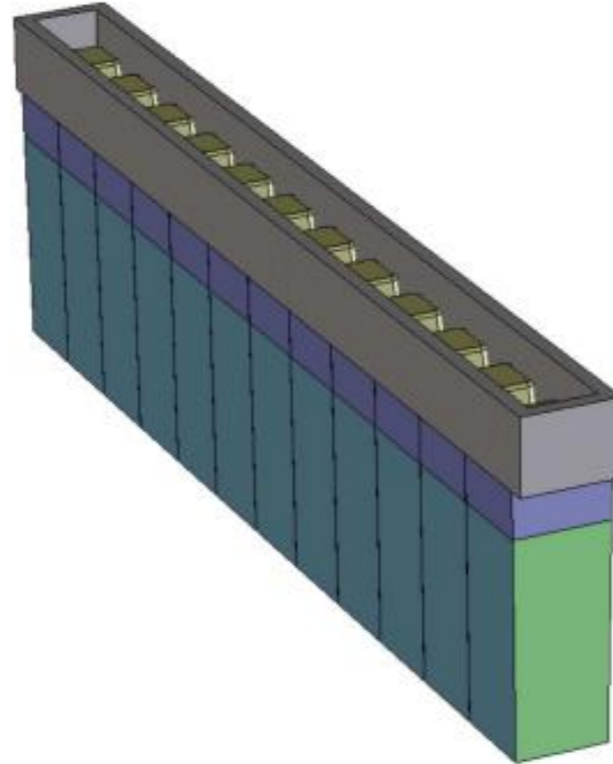
- **Bedeckt einen Winkel von 110°**
- **100 000 Szintillatoren und 185 Kilometer Glasfaserkabel**
- **Wiegt ungefähr 100 Tonnen**
- **30 000 Towers**
- **10 große Supermodule**
- **2 kleinere Supermodule (1/3 so groß)**



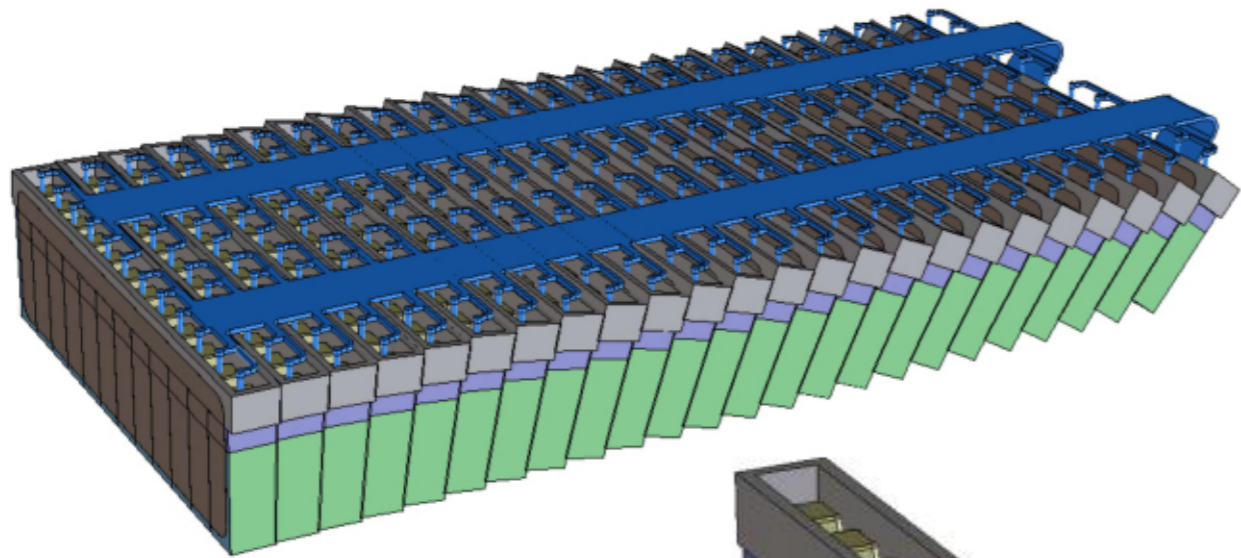
- **Ein großes Supermodul**



- **Ein großes Supermodul**

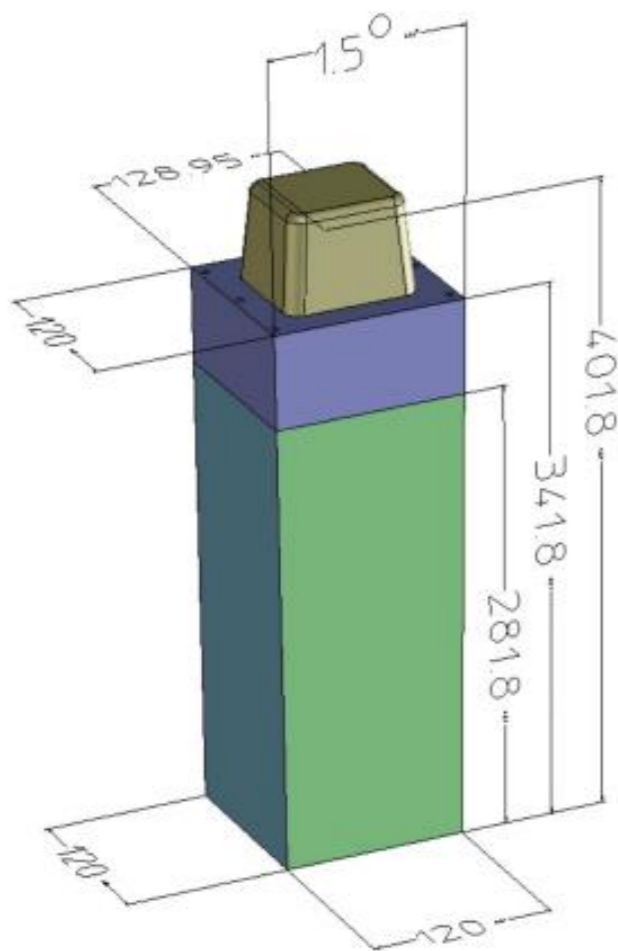
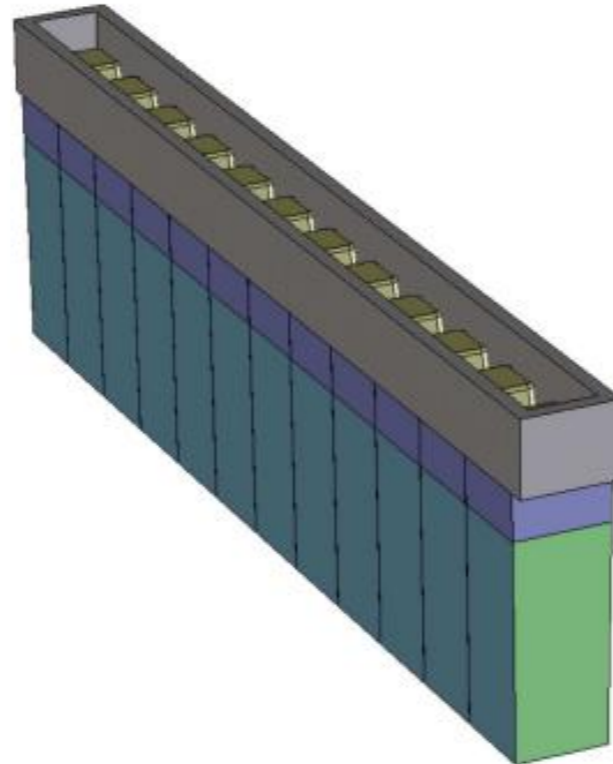


- **Bestehend aus 24 Streifen mit jeweils 12 Modulen**



- Ein großes Supermodul

- Bestehend aus 24 Streifen mit jeweils 12 Modulen



- Jedes Modul enthält 4 Schaschlik-Towers
- Bedeckt ca 1,5°

Modul, Angaben in mm

Direkte Photonen, Merged- und Decay Cluster

Direkte Photonen

- Photonen, die direkt im Quark-Gluonen-Plasma entstammen
- In Form von Wärmestrahlung
- Oder durch Annihilation von Quark und Antiquark

Direkte Photonen, Merged- und Decay Cluster

Direkte Photonen

- Photonen, die direkt im Quark-Gluonen-Plasma entstammen
- In Form von Wärmestrahlung
- Oder durch Annihilation von Quark und Antiquark

Merged Cluster

- Zwei Photonen
- Durch Pionenzerfälle (π^0)

Direkte Photonen, Merged- und Decay Cluster

Direkte Photonen

- Photonen, die direkt im Quark-Gluonen-Plasma entstammen
- In Form von Wärmestrahlung
- Oder durch Annihilation von Quark und Antiquark

Merged Cluster

- Zwei Photonen
- Durch Pionenzerfälle (π^0)

Decay Cluster

- Alle Cluster, die nicht direkte Photonen oder Merged Cluster sind.

Parameter

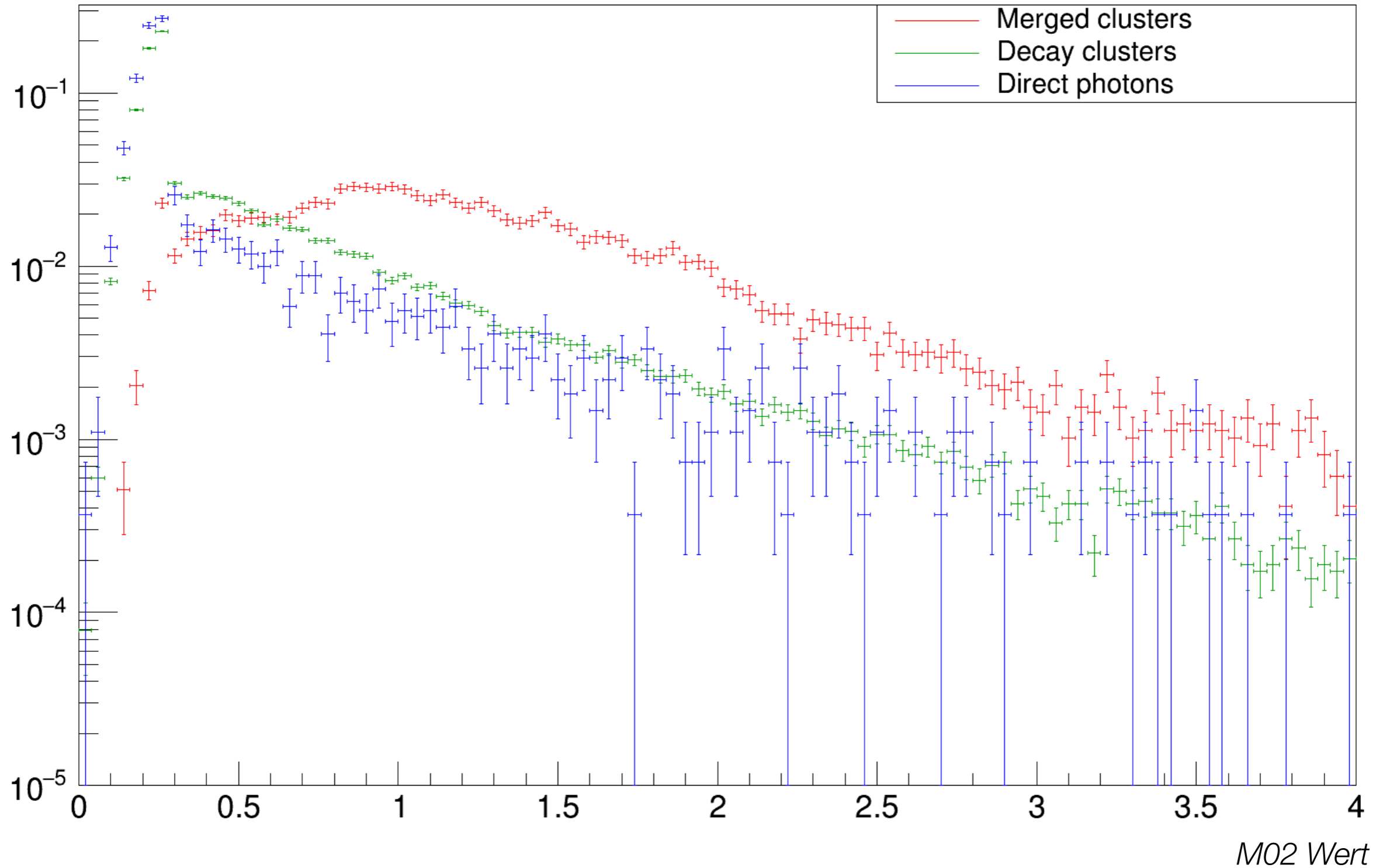
Zum Beispiel:

- **Energie des Clusters**
- **Zahl der Zellen pro Cluster**
- **Energie der Zellen im Cluster**
- **Radius der Zellen relativ zum Cluster**
- **M02 und M20 Wert des Clusters**

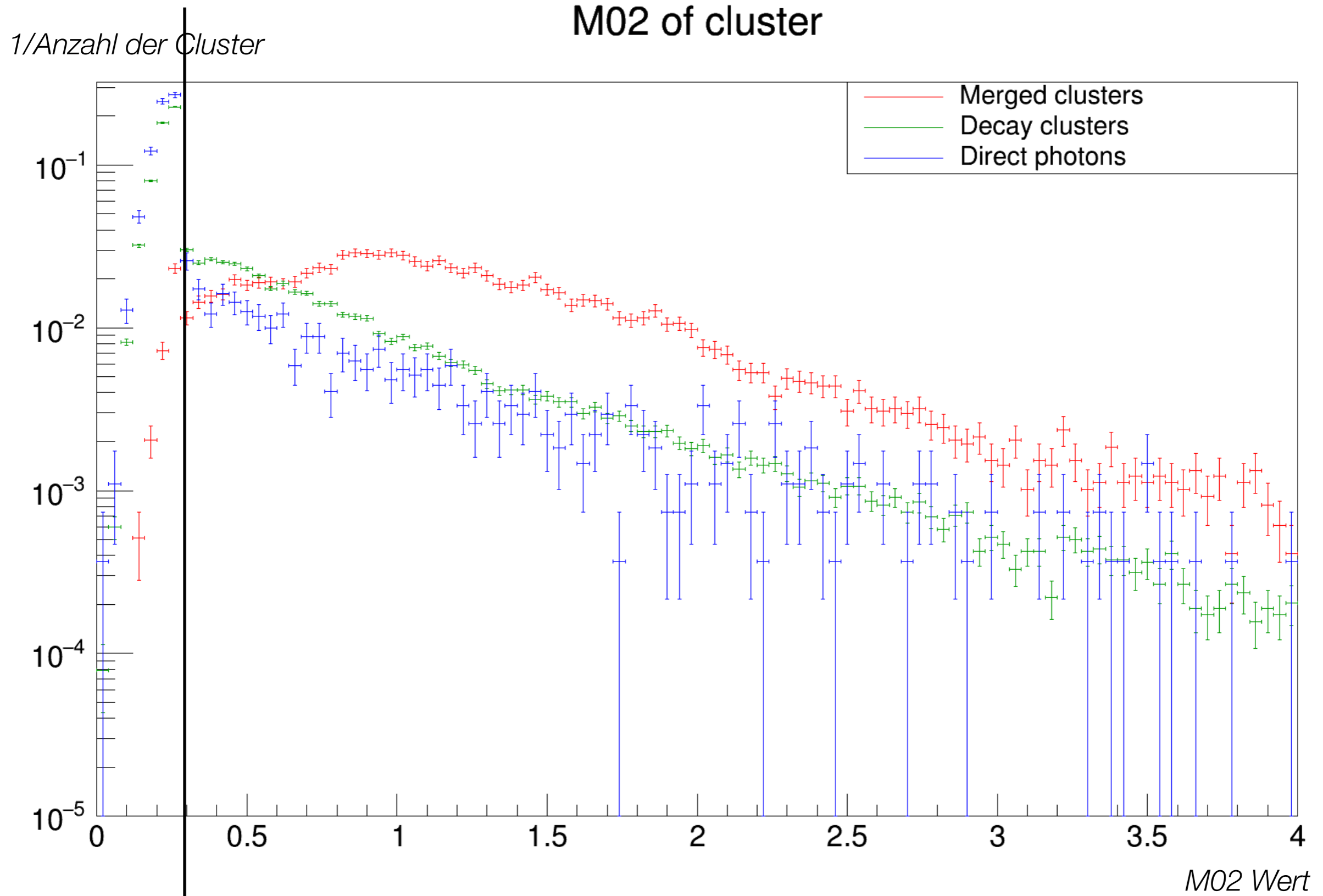
Standard Methode

M02 of cluster

1/Anzahl der Cluster

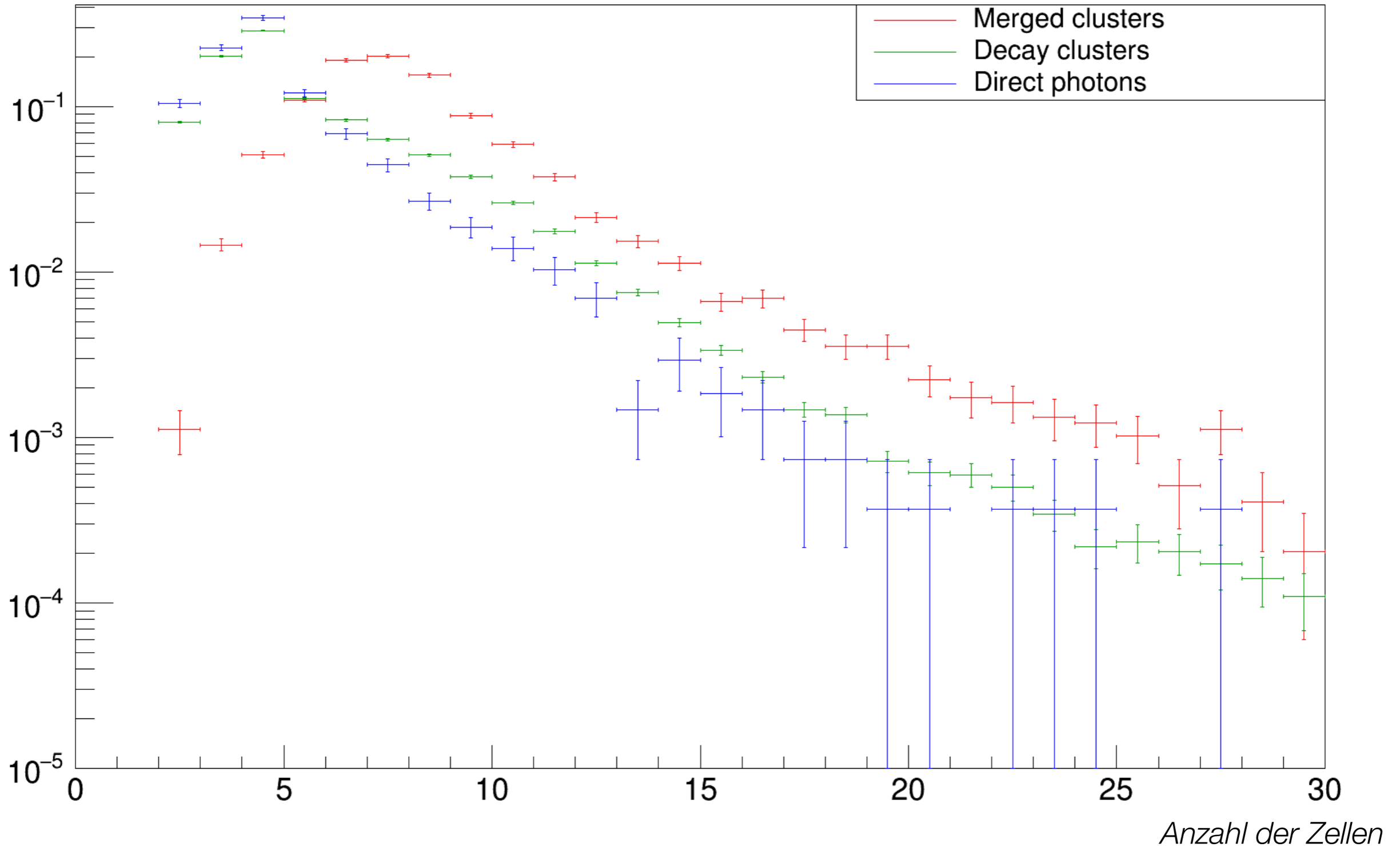


Standard Methode



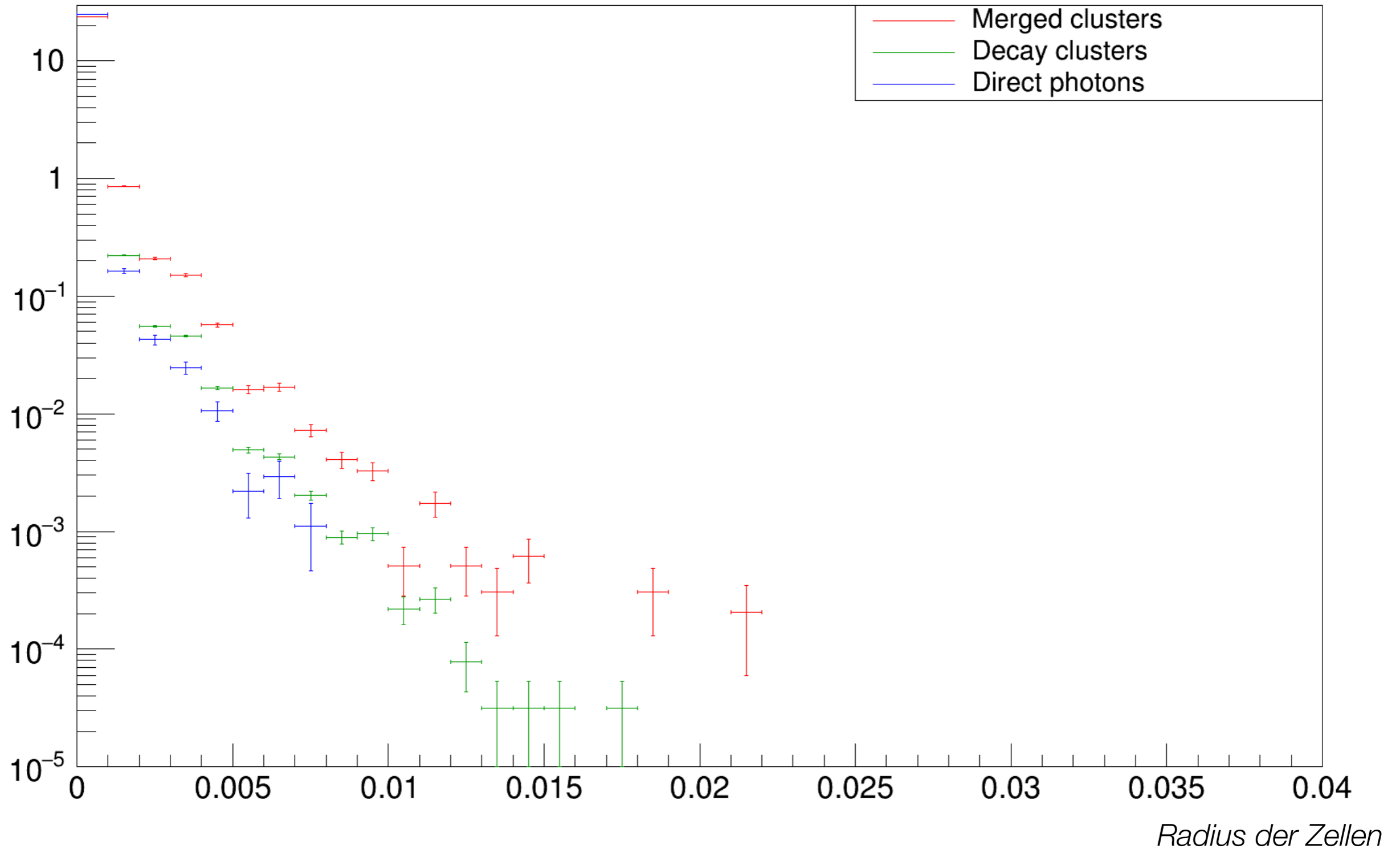
Zahl der Zellen pro Cluster

1/Anzahl der Cluster



Radius der Zellen relativ zum Cluster

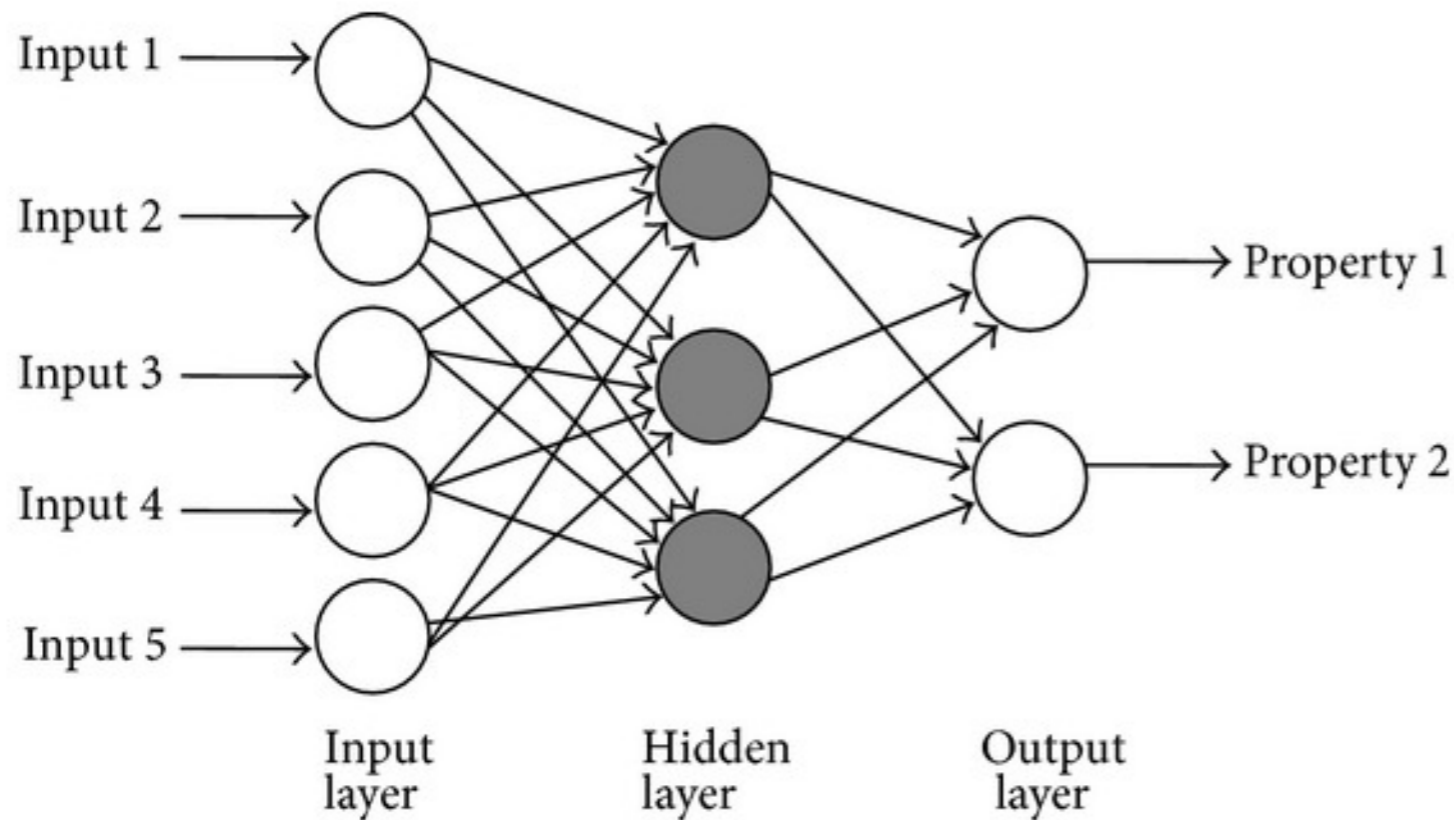
1/Anzahl der Cluster



Machine-Learning

Klassifizierungsmethoden

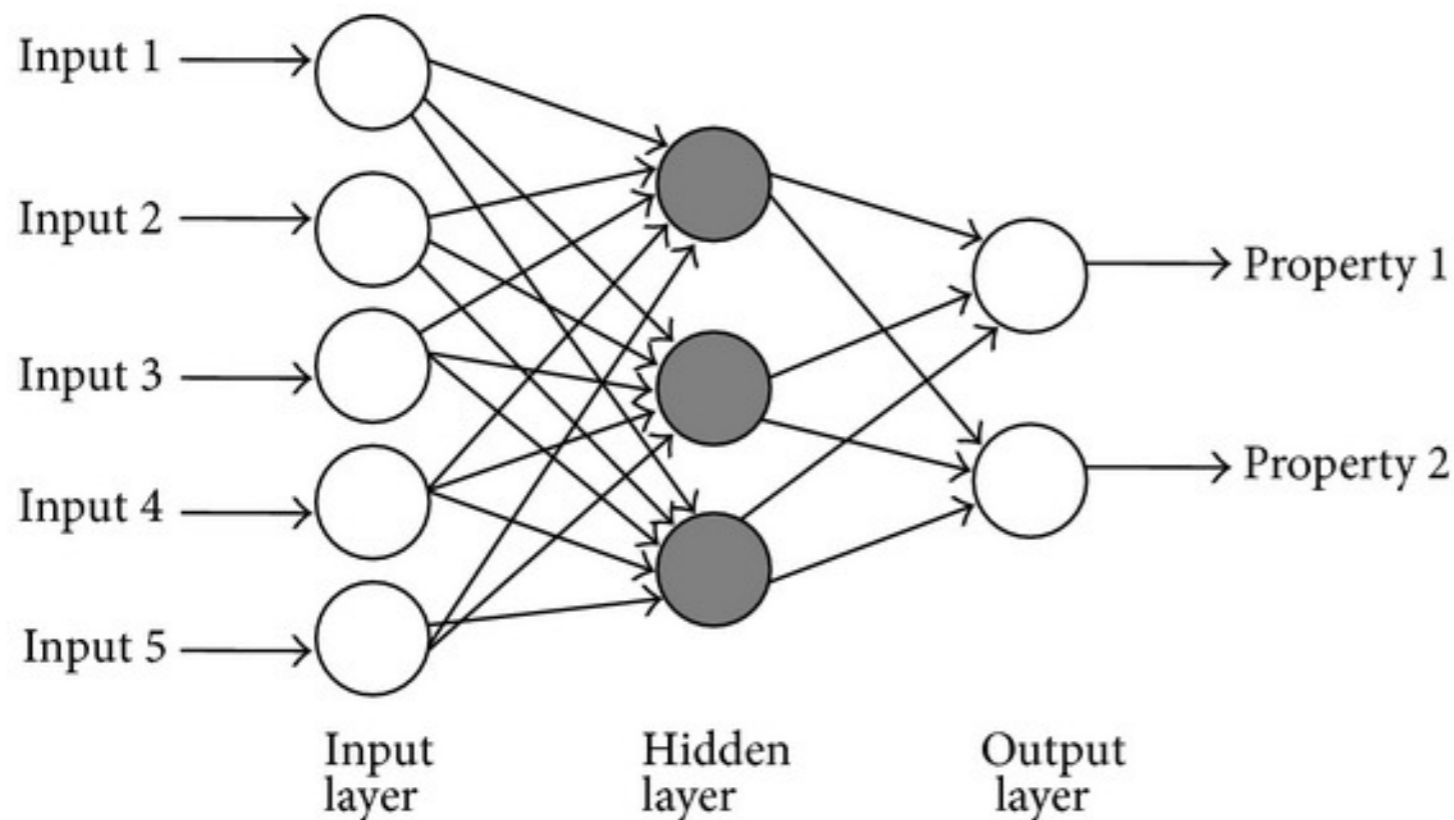
- **MLPClassifier (Neurales Netzwerk)**



Machine-Learning

Klassifizierungsmethoden

- **MLPClassifier (Neurales Netzwerk)**

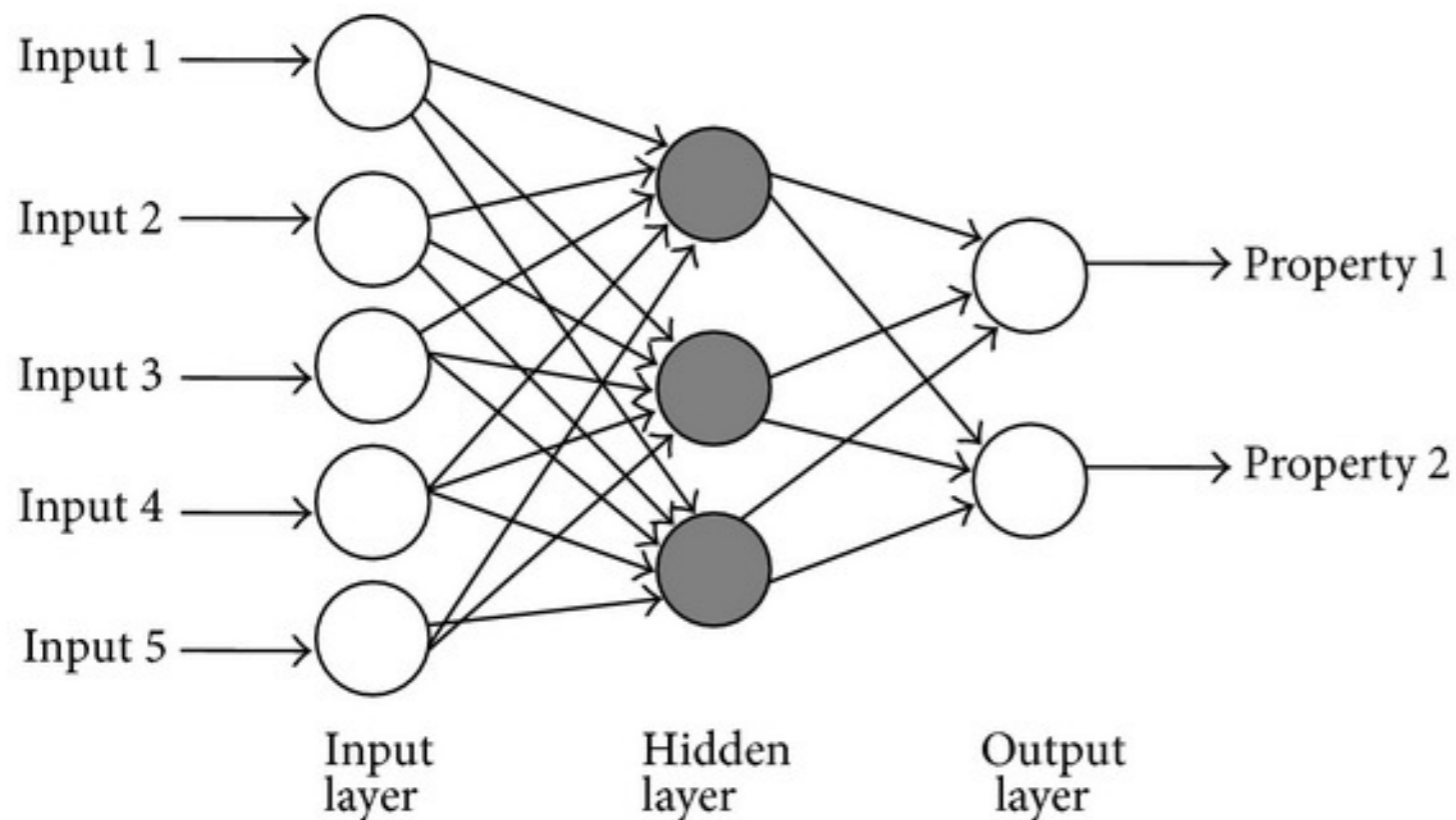


- **Wie viel lernt der Classifier aus den einzelnen Parametern?**

Machine-Learning

Klassifizierungsmethoden

- **MLPClassifier (Neurales Netzwerk)**

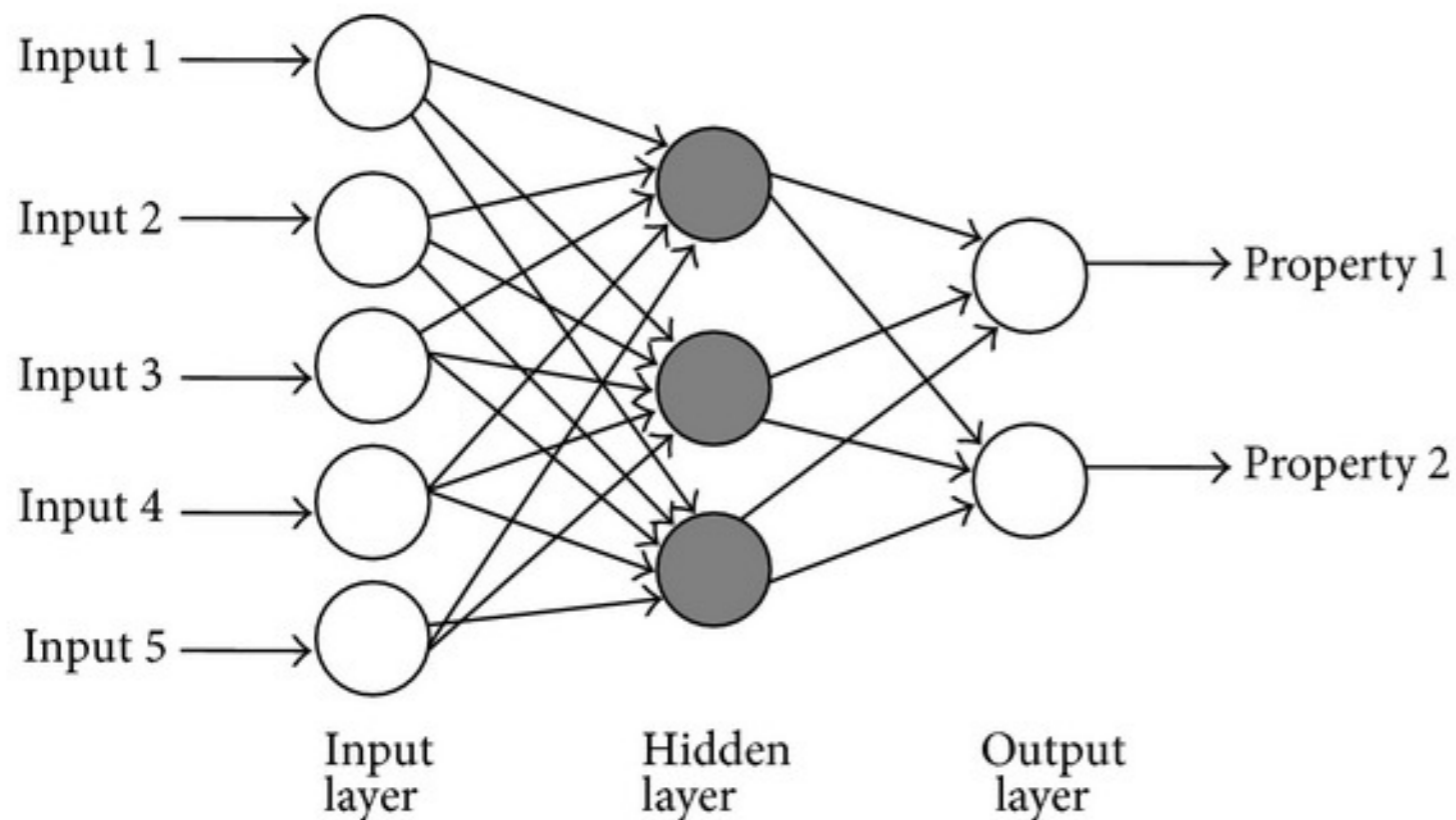


- **Wie viel lernt der Classifier aus den einzelnen Parametern?**

Machine-Learning

Klassifizierungsmethoden

- **MLPClassifier (Neurales Netzwerk)**

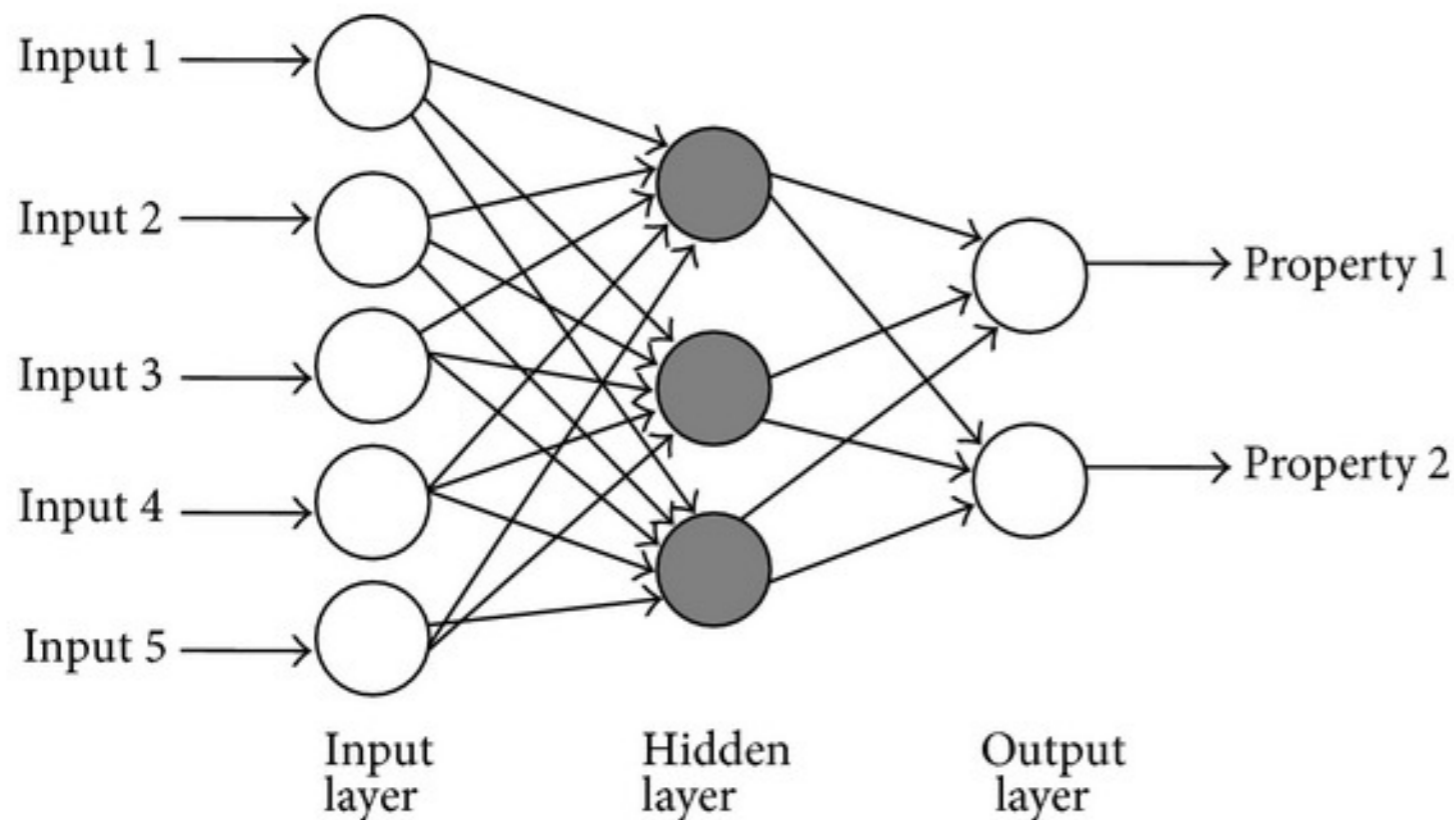


- **Wie viel lernt der Classifier aus den einzelnen Parametern?**
- **Wie optimiere ich das Training**

Machine-Learning

Klassifizierungsmethoden

- **MLPClassifier (Neurales Netzwerk)**

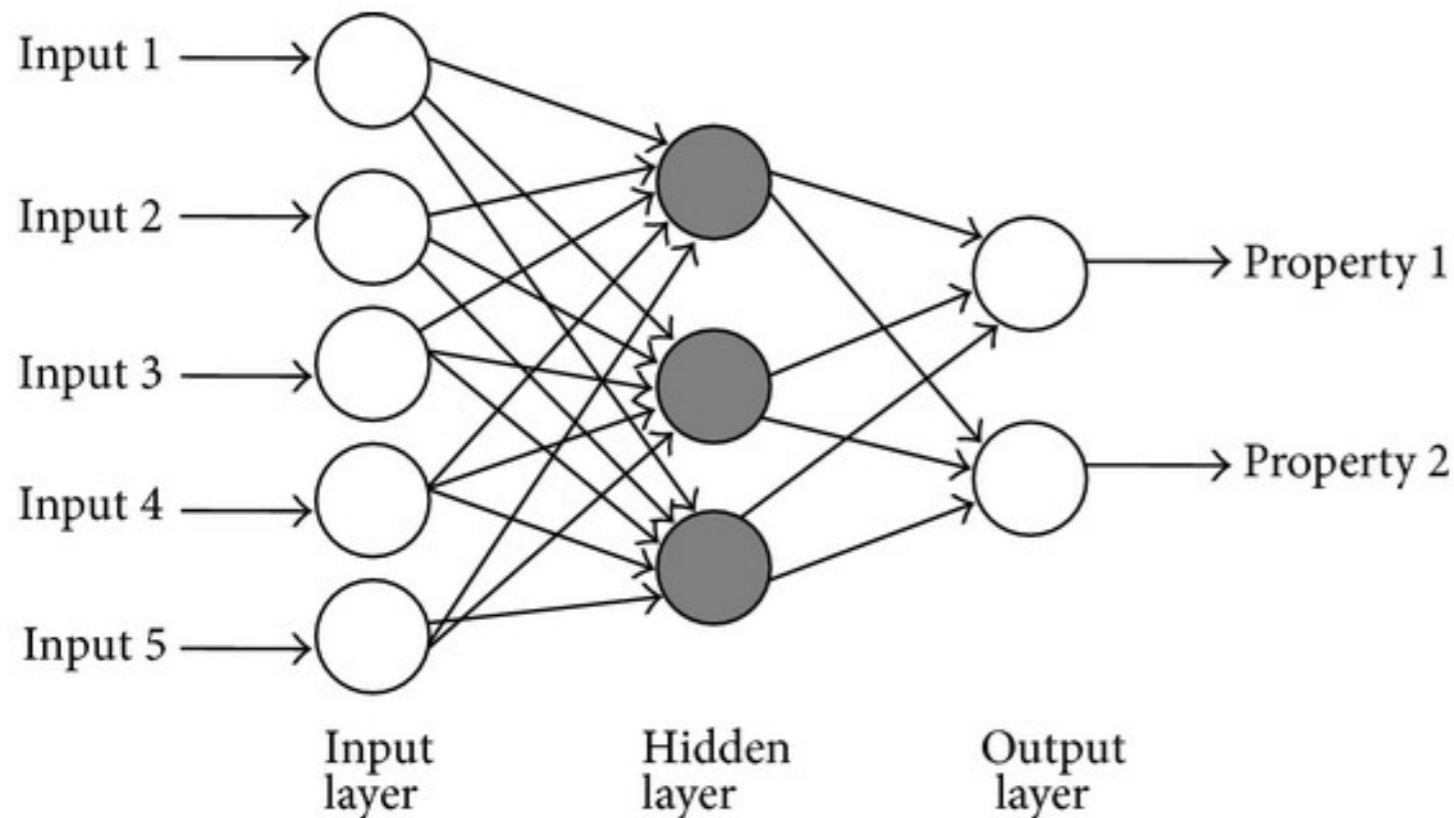


- **Wie viel lernt der Classifier aus den einzelnen Parametern?**
- **Wie optimiere ich das Training**
 - **durch Kombination der verschiedenen Parameter**

Machine-Learning

Klassifizierungsmethoden

- **MLPClassifier (Neurales Netzwerk)**

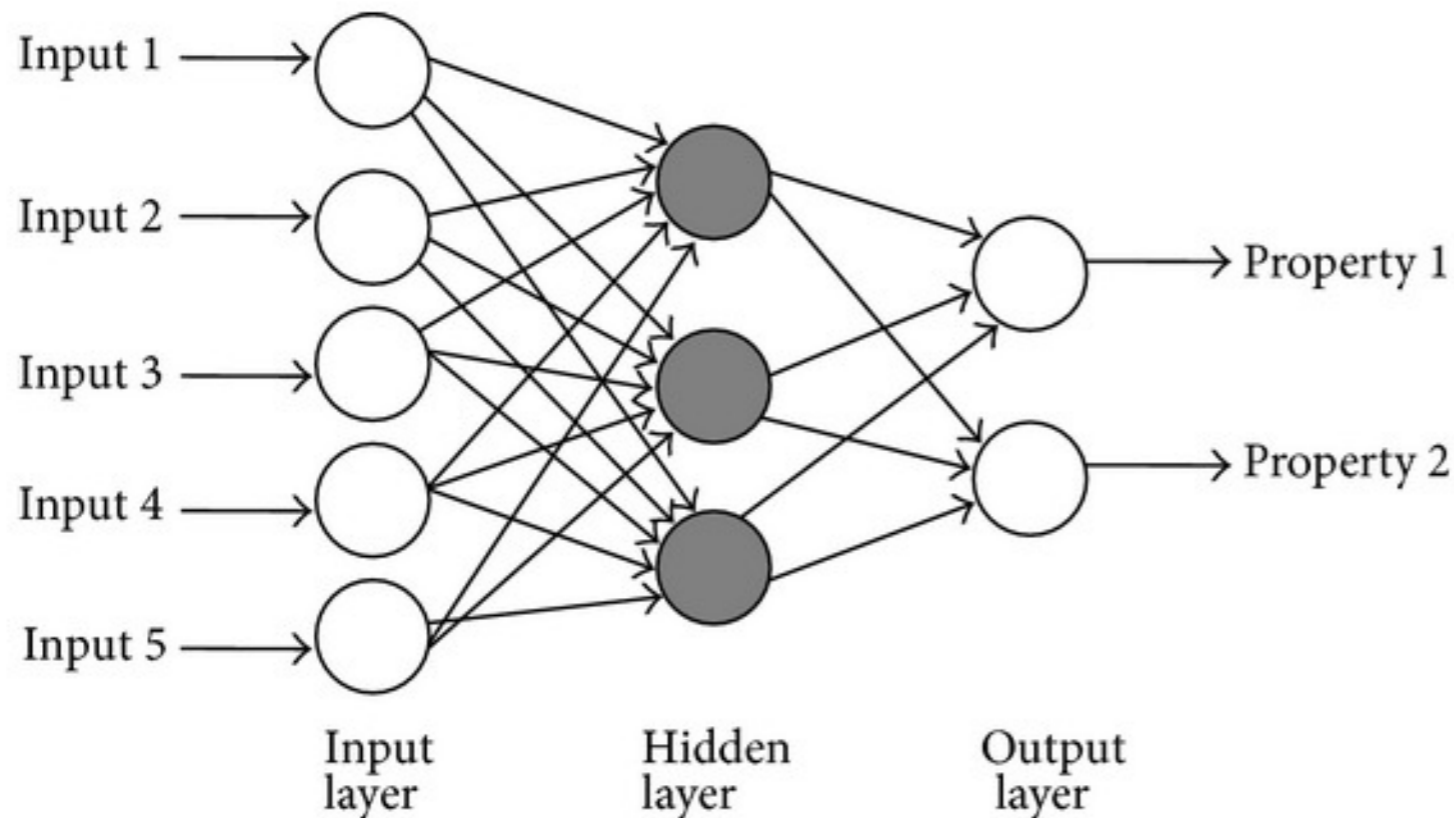


- **Wie viel lernt der Classifier aus den einzelnen Parametern?**
- **Wie optimiere ich das Training**
 - **durch Kombination der verschiedenen Parameter**
 - **Variation der verschiedenen Layers**

Machine-Learning

Klassifizierungsmethoden

- **MLPClassifier (Neurales Netzwerk)**

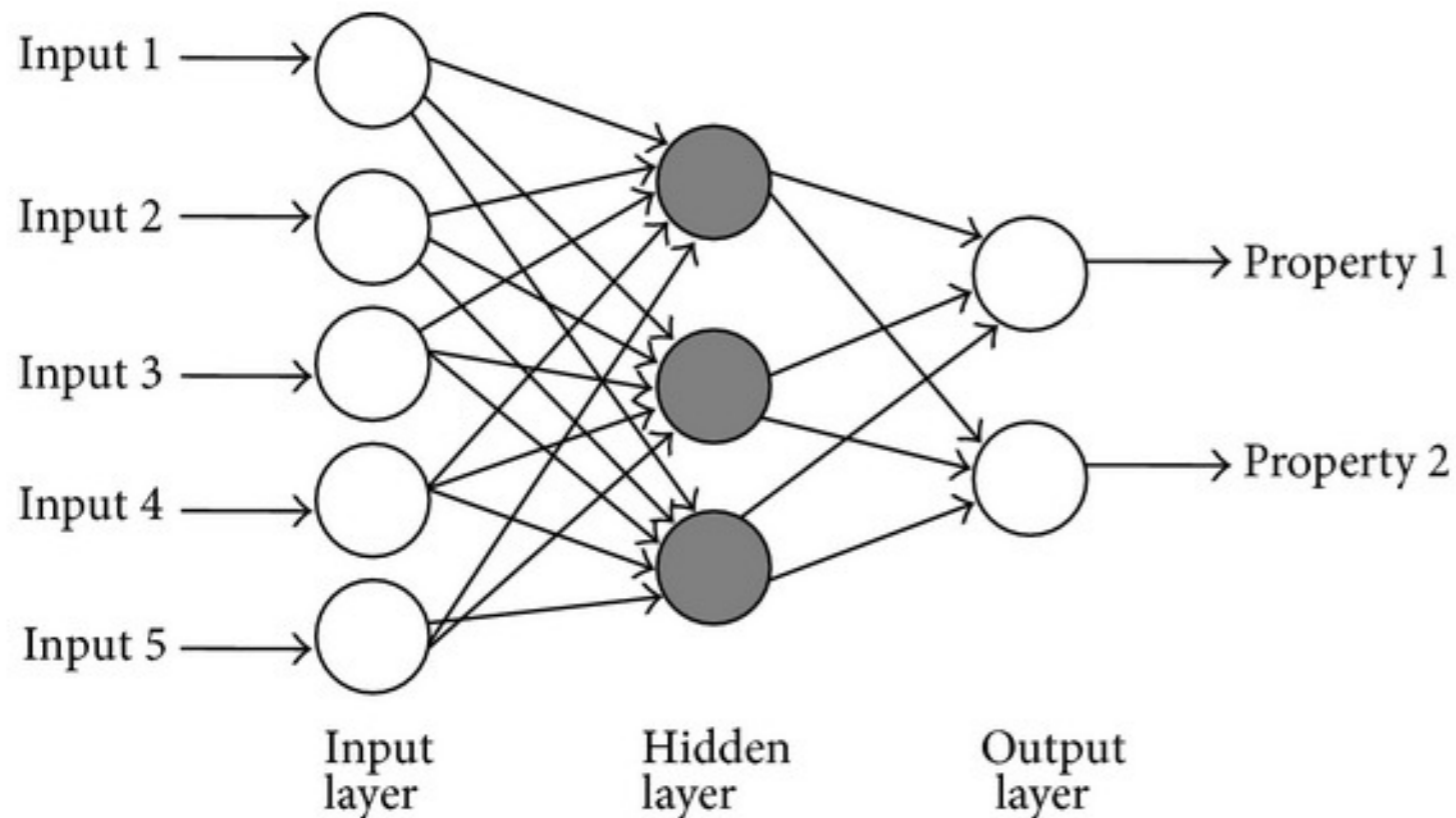


- **Wie viel lernt der Classifier aus den einzelnen Parametern?**
- **Wie optimiere ich das Training**
 - **durch Kombination der verschiedenen Parameter**
 - **Variation der verschiedenen Layers**

Machine-Learning

Klassifizierungsmethoden

- **MLPClassifier (Neurales Netzwerk)**

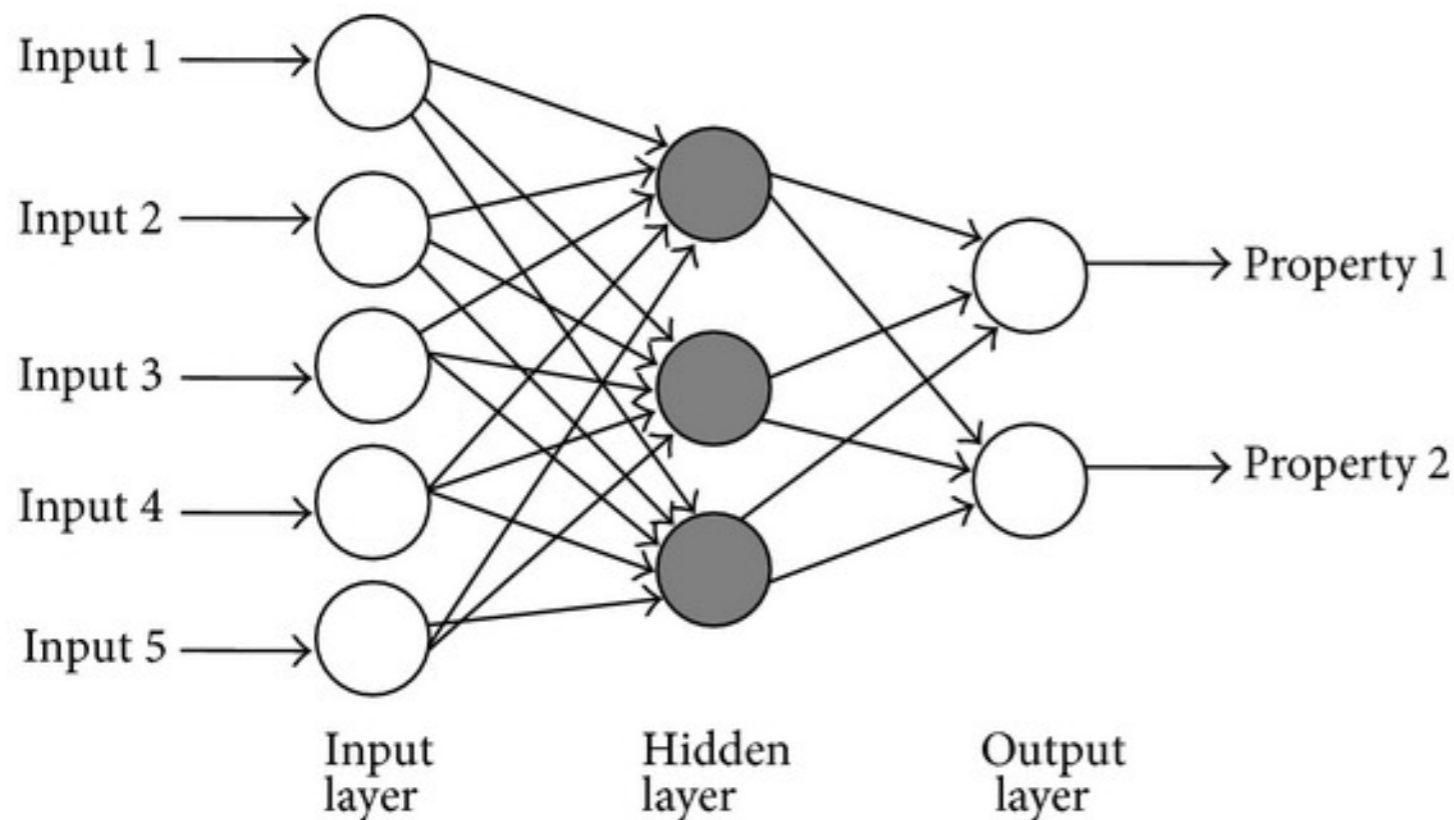


- **Wie viel lernt der Classifier aus den einzelnen Parametern?**
- **Wie optimiere ich das Training**
 - **durch Kombination der verschiedenen Parameter**
 - **Variation der verschiedenen Layers**

Machine-Learning

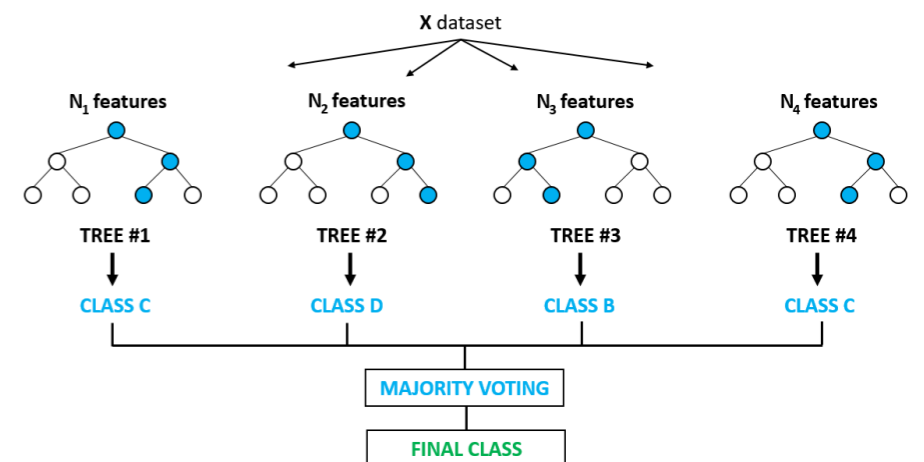
Klassifizierungsmethoden

- **MLPClassifier (Neurales Netzwerk)**



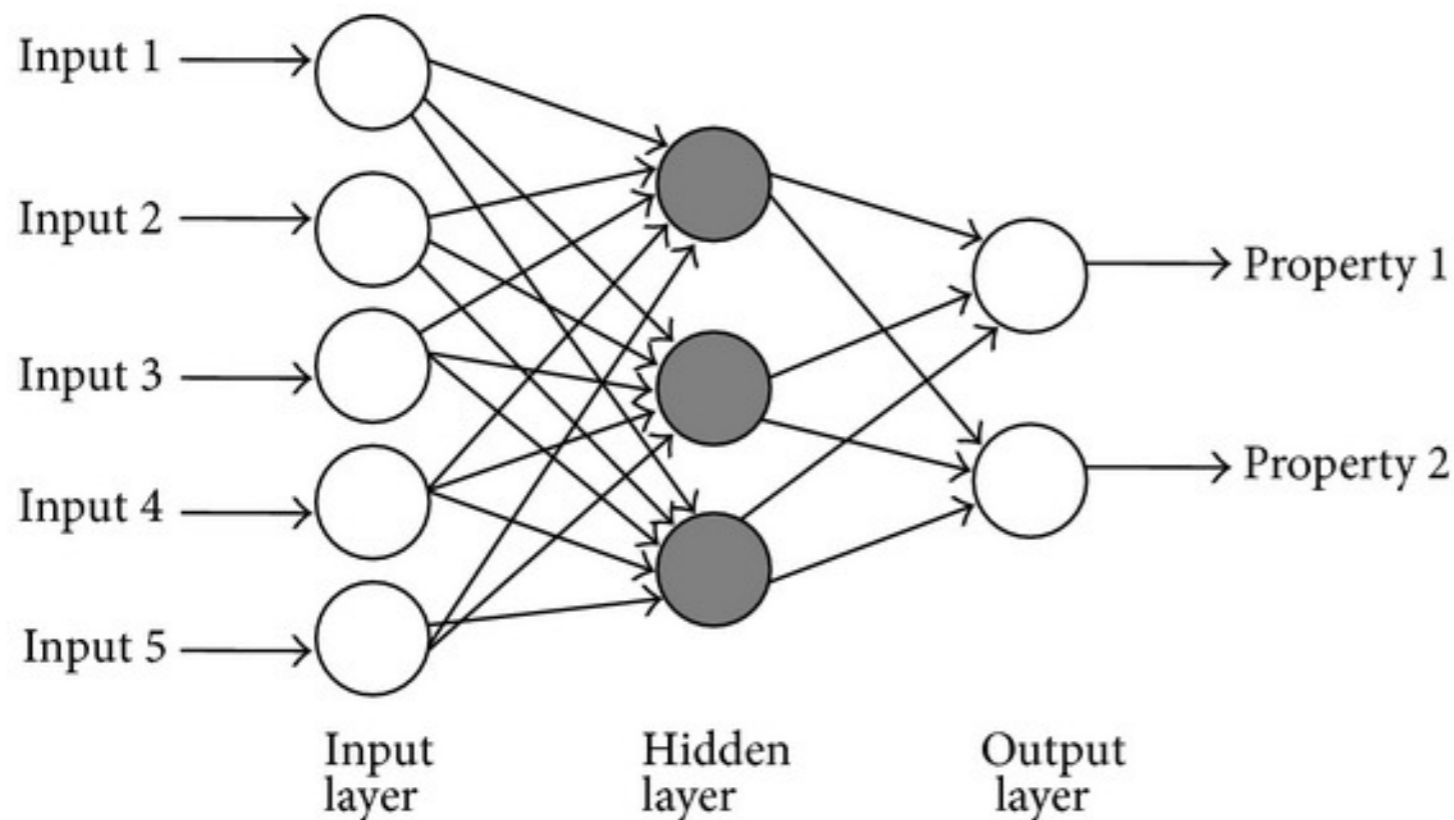
- **Wie viel lernt der Classifier aus den einzelnen Parametern?**
- **Wie optimiere ich das Training**
 - **durch Kombination der verschiedenen Parameter**
 - **Variation der verschiedenen Layers**

- **Random Forest Classifier**



Machine-Learning Klassifizierungsmethoden

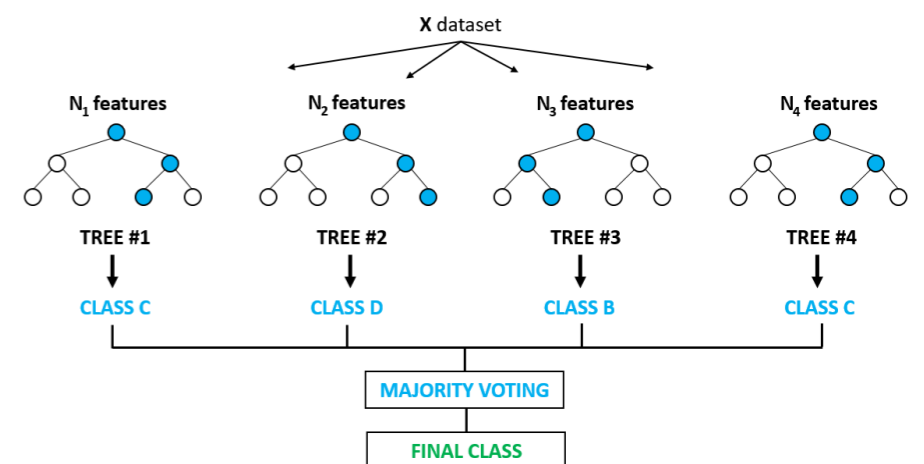
- **MLPClassifier (Neurales Netzwerk)**



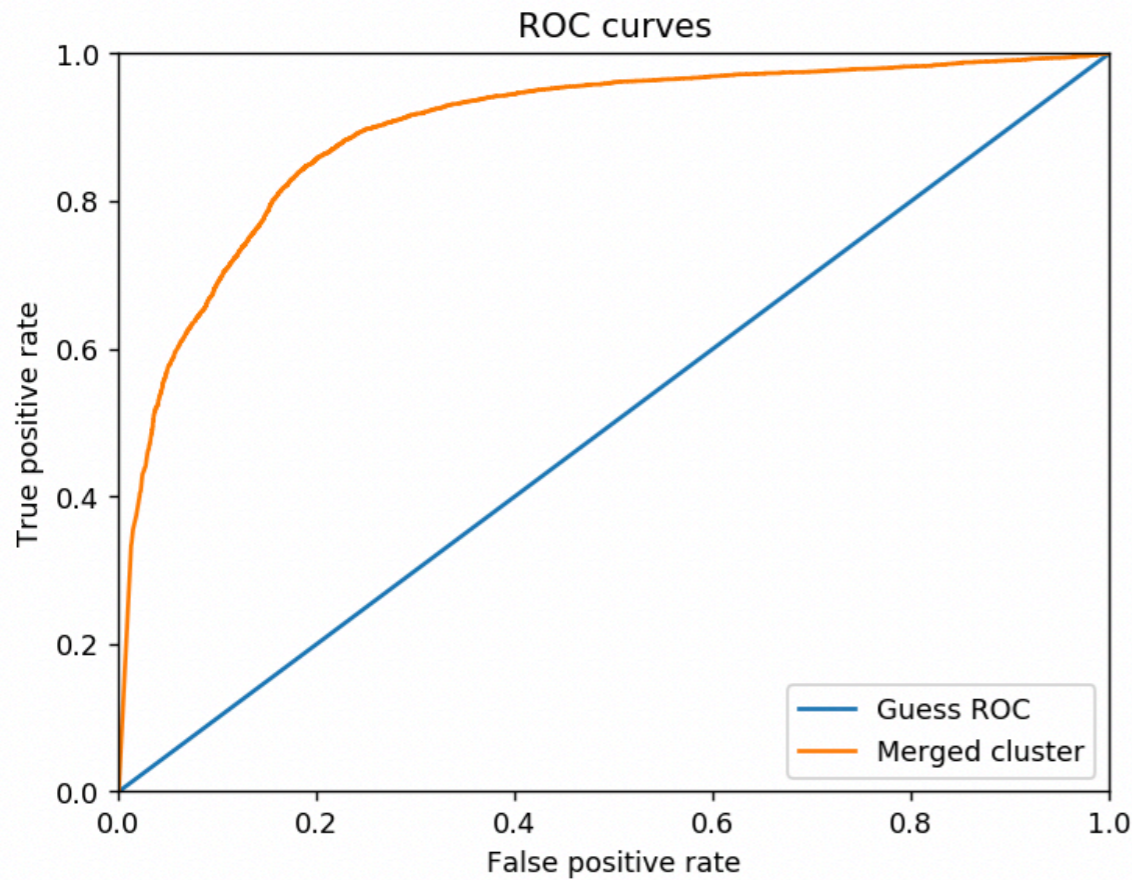
- **Wie viel lernt der Classifier aus den einzelnen Parametern?**
- **Wie optimiere ich das Training**
 - **durch Kombination der verschiedenen Parameter**
 - **Variation der verschiedenen Layers**

- **Random Forest Classifier**

- **Optimierung durch Variation der Parameter?**
- **Vergleich mit dem MLPClassifier**



Evaluation

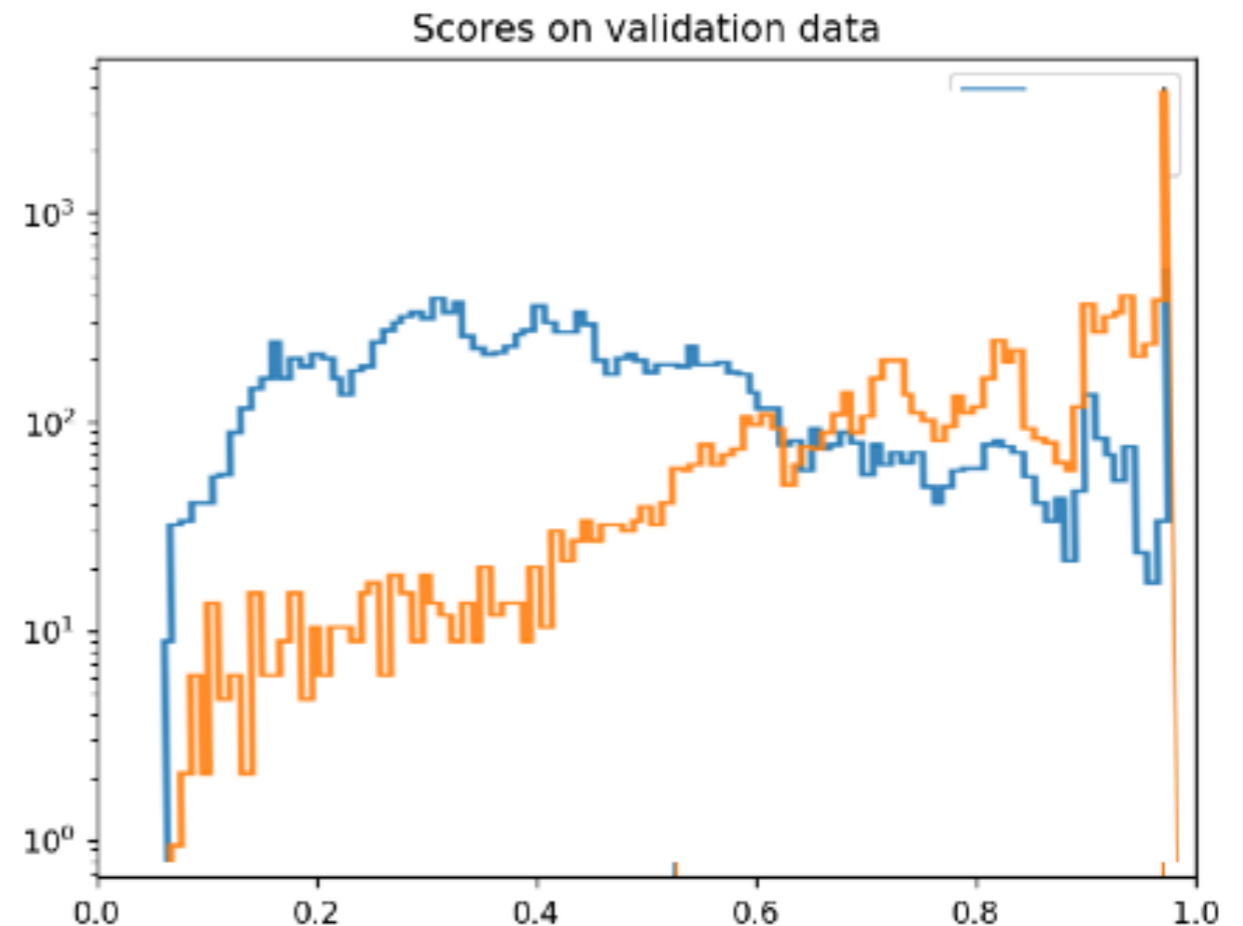


ROC Curves:

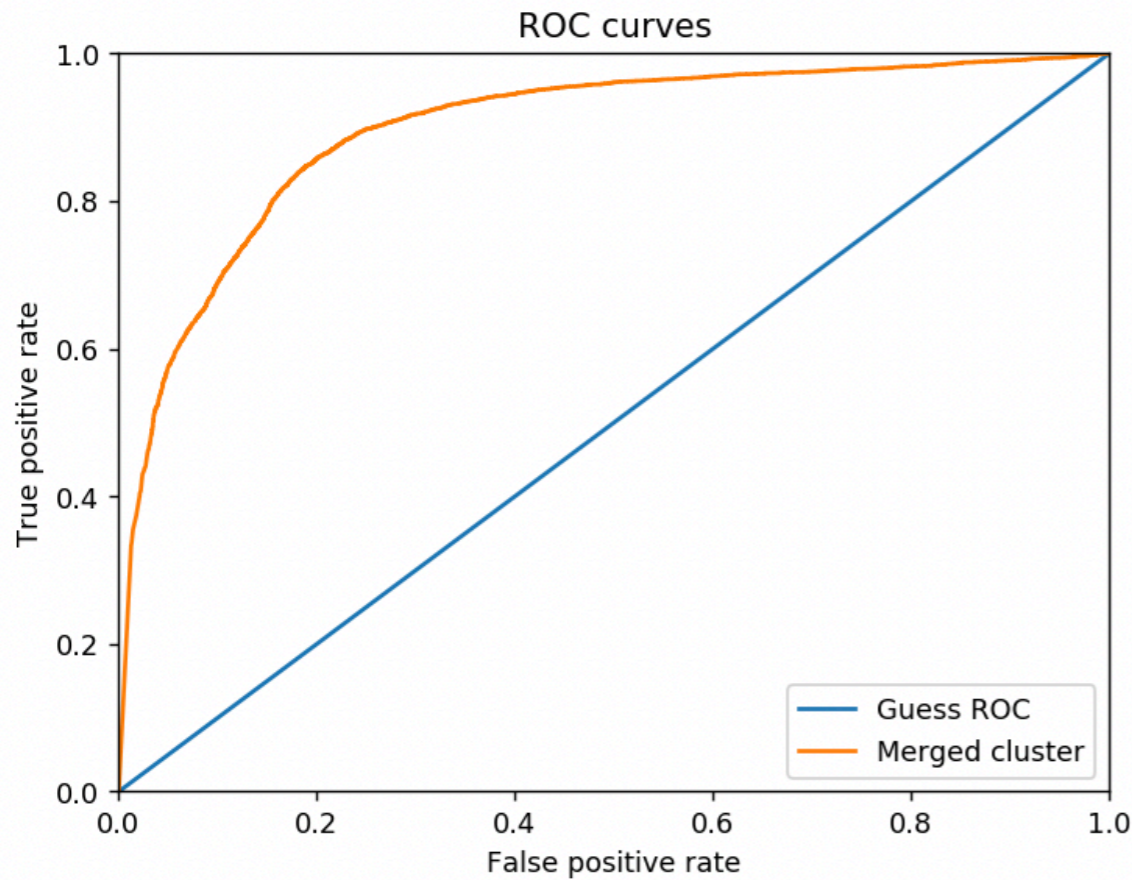
- **Effizienz und Impurity**
- **AUC ist das Integral der ROC Curve**
 - **Mass der Qualität des Classifiers**

Scores on validation Data:

- **Ermöglicht die Berechnung von Effizienz und Purity für konkrete Werte**
- **Cutsetzung**



Evaluation

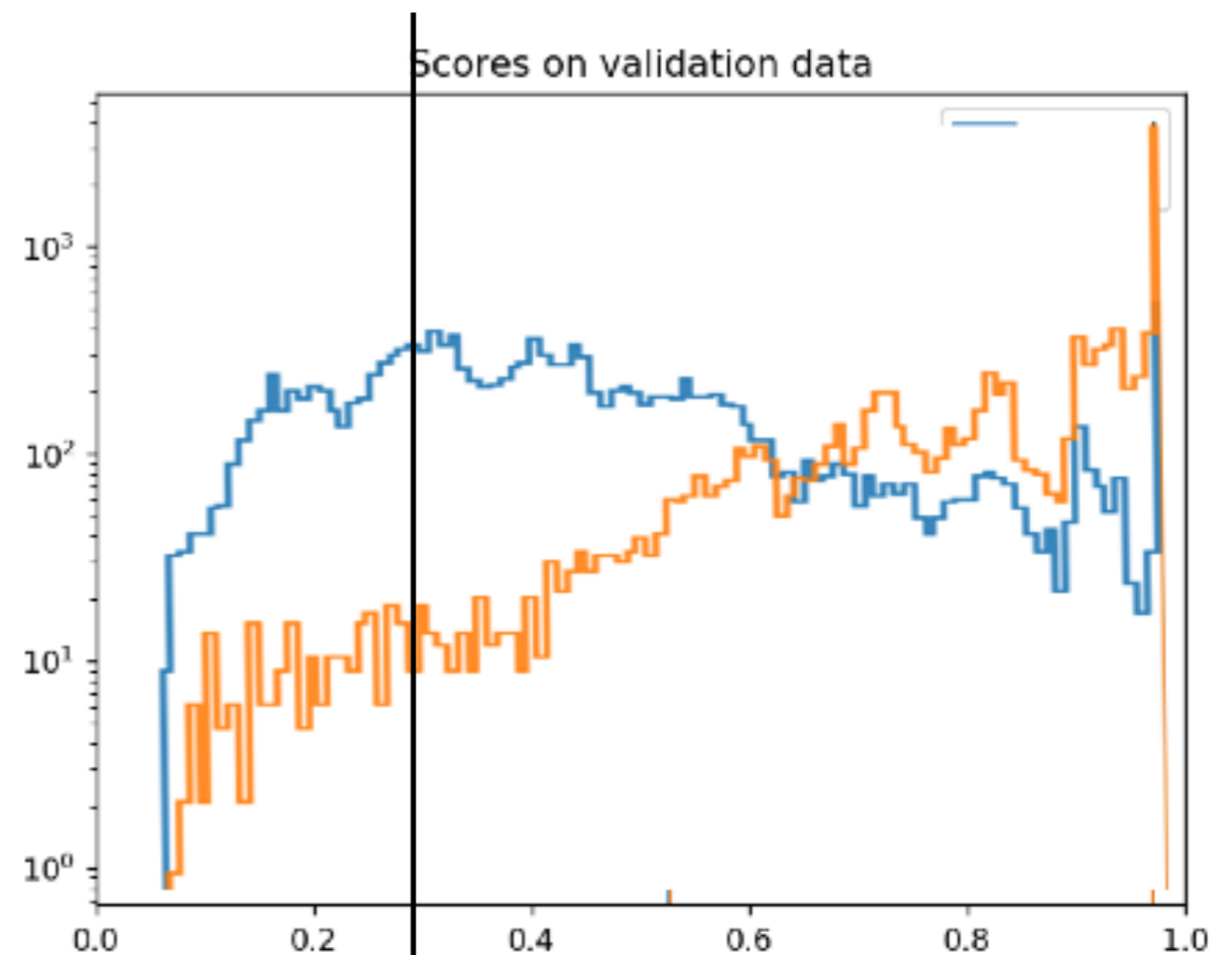


ROC Curves:

- **Effizienz und Impurity**
- **AUC ist das Integral der ROC Curve**
 - **Mass der Qualität des Classifiers**

Scores on validation Data:

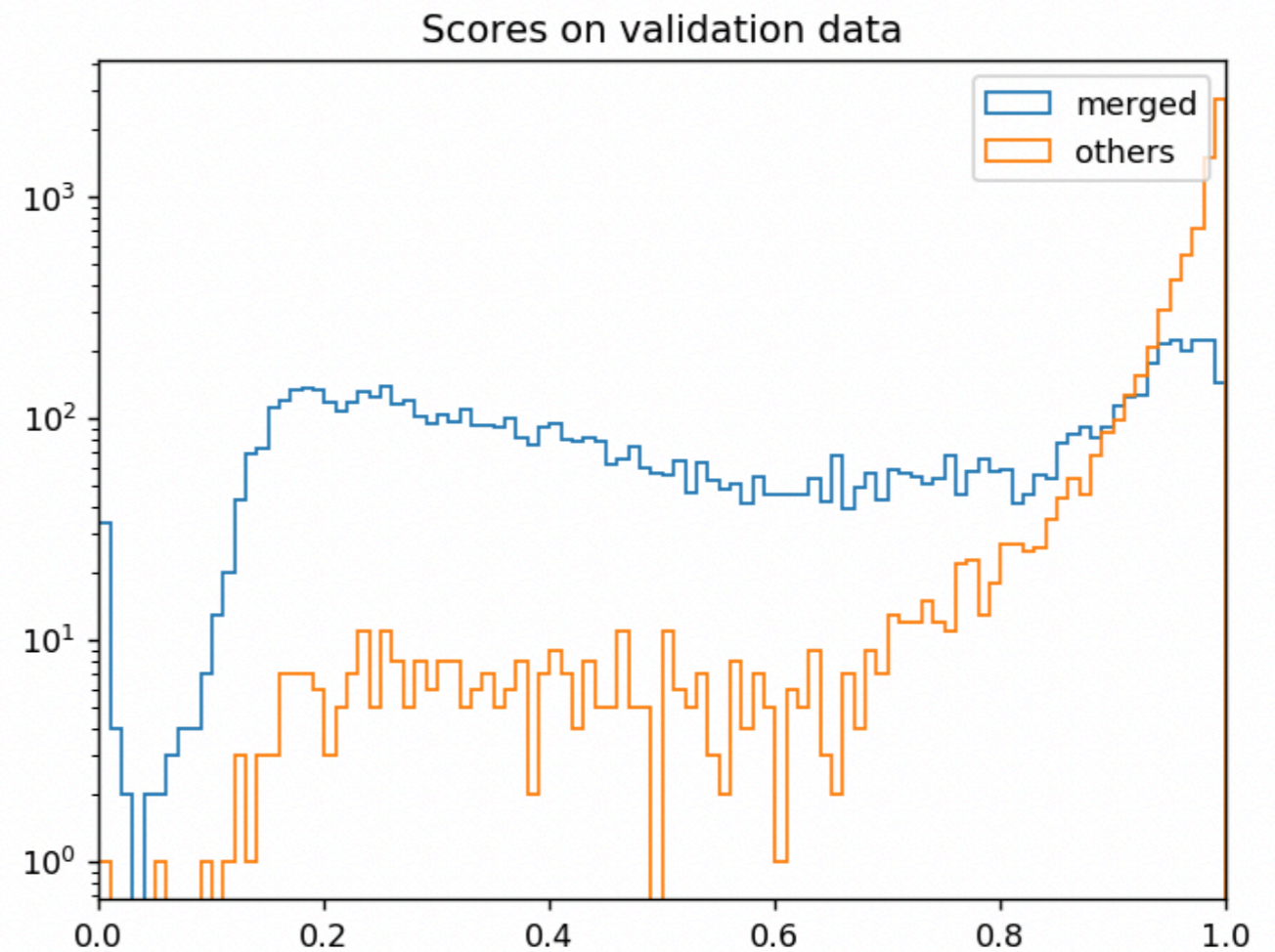
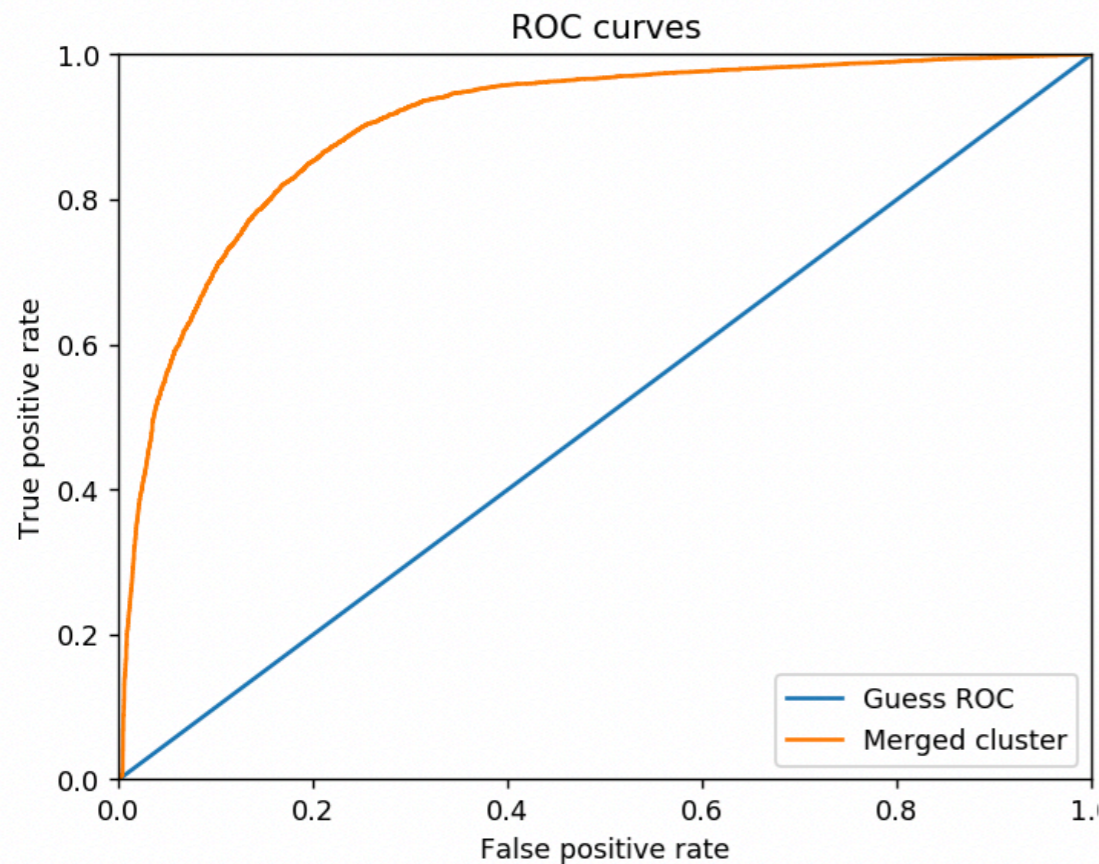
- **Ermöglicht die Berechnung von Effizienz und Purity für konkrete Werte**
- **Cutsetzung**



MLPClassifier

Bei gleicher Anzahl von merged Clustern und anderen Clustern:

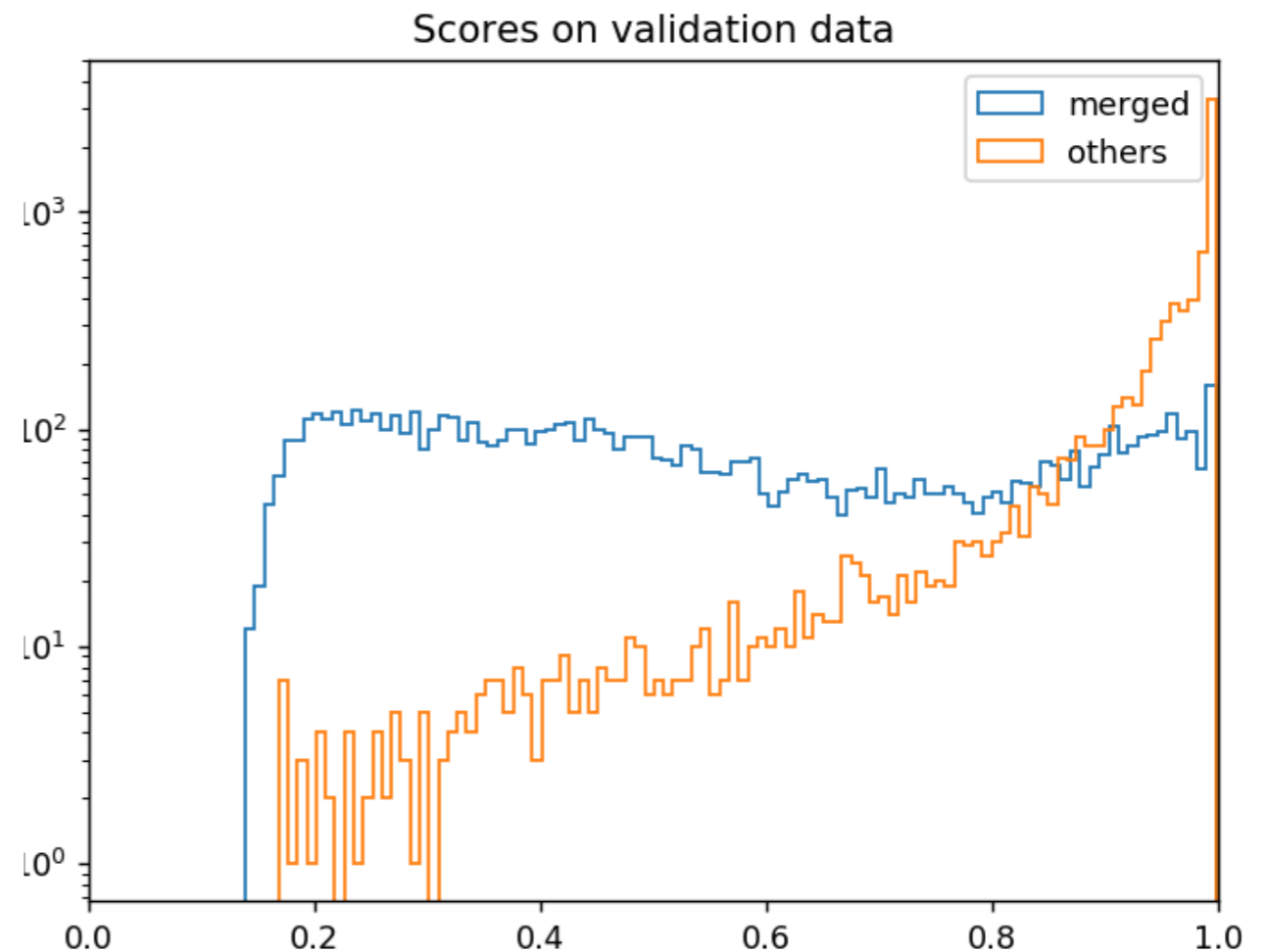
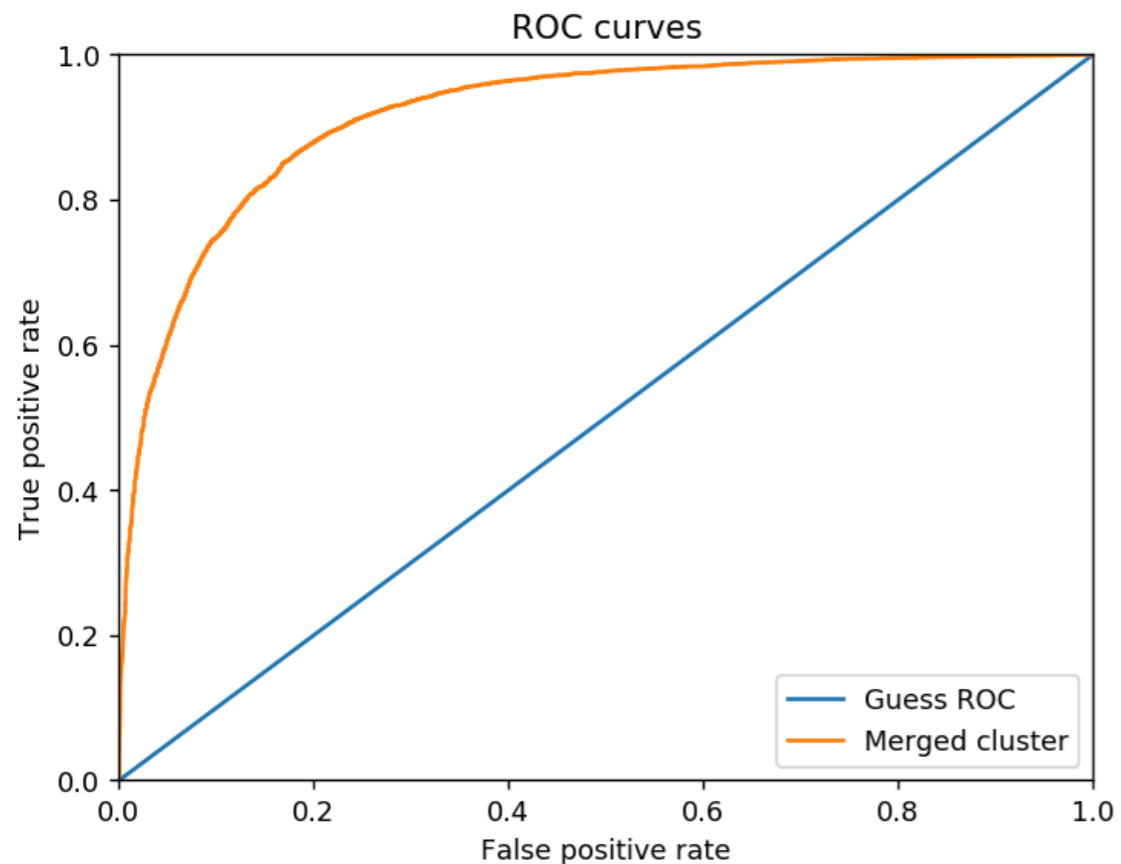
- **AUC = 0.903194**
- Für eine Effizienz von 0.90 hat das Model eine Purity von 0.75



Random Forest Classifier

Bei gleicher Anzahl von merged Clustern und anderen Clustern:

- **AUC = 0.91794**
- Für eine Effizienz von 0.90 hat das Model eine Purity von 0.78



Zusammenfassung

- Die Klassifizierung von Merged Clustern mittels verschiedener Machine-Learning-Methoden scheint ein vielsprechendes Konzept zu sein.



ALICE

- Mögliche Alternative zur Standardmethode

Quellen

- https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjPx_qbp_XdAhVPMewKHUvXDqkQjRx6BAgBEAU&url=http%3A%2F%2Falice-publications.web.cern.ch%2F&psig=AOvVaw0nRmbgDi_vUSOexUczwER_&ust=1539035240554919
- https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjg0e_pp_XdAhXQ_aQKHRFTDwAQjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Fblogrecherche.wp.imt.fr%2Fen%2F2015%2F12%2F07%2Falice-universe-quark-gluon-plasma%2F&psig=AOvVaw0nRmbgDi_vUSOexUczwER_&ust=1539035240554919
- <https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwilurquqvXdAhWIGuwKHx1YCroQjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Fcds.cern.ch%2Frecord%2F2282027%2Fplots&psig=AOvVaw29sUAI1PuWmE-ciQDXXsmZ&ust=1539036084090461>
- <http://alice.web.cern.ch/detectors/more-details-emcal>
- <https://trac.cc.jyu.fi/projects/alice/wiki/EMCAL>
- <https://codigooculto.com/2016/05/estan-los-cientificos-a-punto-de-descubrir-una-quinta-fuerza-de-la-naturaleza>
- <https://www.weltmaschine.de/neuigkeiten/neuigkeiten archiv/2015/lhc startet in die schwerionensaison/https://>
- https://www.researchgate.net/figure/Schematic-view-of-QCD-phase-diagram_fig2_263811655
- https://www.researchgate.net/figure/Nuclear-matter-at-extreme-conditions_fig1_263811655
- https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjovP7-rPvdAhXBbVAKHddpDT4QjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Fen.wikipedia.org%2Fwiki%2FCluster_decay&psig=AOvVaw2vX8c1Vyk8dj-pWu1MORGj&ust=1539242815614645
- https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwilm8fK8P3dAhVLYqQKHYD5B_cQjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Fsellplify.com%2Fwww-muenster&psig=AOvVaw36biRB6zhFf2M5zunC_G4l&ust=1539329811729538
- <https://www.google.com/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwigpliW8f3dAhUJNOwKHfm0D1gQjRx6BAgBEAU&url=http%3A%2F%2Fwww.physik.uni-regensburg.de%2Fstudium%2FnetzTW%2Fwebsite%2Findex.php&psig=AOvVaw00fhsaNhyAfZgAGCn0DZJy&ust=1539329964260259>
- <http://directory.web.cern.ch/directory/img/cern-logo-blue.png>
- <http://www.globalsoftwaresupport.com/random-forest-classifier-bagging-machine-learning/>