PLATTFORM INDUSTRIE 4.0

Open-Source Cloud Stacks

Technologische Basis für eine europäische digitale Infrastruktur

Webinar der Arbeitsgruppe „Sicherheit kollaborativer Ökosysteme“

Agenda

Souveräne Digitale Infrastruktur
- Ausgangspunkt IPCEI-CIS
- Multi-Provider Cloud-Edge Kontinuum

Cloud Stack Studie
- Eine digitale Infrastruktur für die Industrie
- Anforderungen an Open-Source Cloud Stacks
- Definition Cloud Stacks und ihr Umfeld
- Generische Darstellung der Cloud Stack Funktionen
- Bewertung: Modularität, Dienstmodelle Funktionalitäten
- Einordnung in eine Cloud Stack Landkarte
- Erkenntnisse und Empfehlungen

Telco Cloud Stack als Edge Lösung
- Telco-Edge Definition und Anwendungen
- Anforderungen und Herausforderungen
- Sylva als souveräne Edge-Lösung

Agenda

Souveräne Digitale Infrastruktur
- Ausgangspunkt IPCEI-CIS
- Multi-Provider Cloud-Edge Kontinuum

Cloud Stack Studie
- Eine digitale Infrastruktur für die Industrie
- Anforderungen an Open-Source Cloud Stacks
- Definition Cloud Stacks und ihr Umfeld
- Generische Darstellung der Cloud Stack Funktionen
- Bewertung: Modularität, Dienstmodelle Funktionalitäten
- Einordnung in eine Cloud Stack Landkarte
- Erkenntnisse und Empfehlungen

Telco Cloud Stack als Edge Lösung
- Telco-Edge Definition und Anwendungen
- Anforderungen und Herausforderungen
- Sylva als souveräne Edge-Lösung

IPCEI-CIS
Project

8ra CLOUD·EDGE CONTINUUM

www.8ra.com

Funded by
the European Union
NextGenerationEU

Ausgangspunkt IPCEI CIS

IPCEI-CIS ist eines der größten EU-Projekte zur Sicherung der zukünftigen digitalen Souveränität.

IPCEI: Important **P**roject of **C**ommon **E**uropean **I**nterest

Am IPCEI-CIS Project sind **12** europäische Staaten mit **120** nationalen Projekten beteiligt.

Das IPCEI-CIS Projekt bildet die Grundlage zur Schaffung einer gemeinsamen europäischen der Cloud-Edge-Infrastruktur, einem **Multi-Provider Cloud-Edge Kontinuum.**

Die 8ra-Initiative ergänzt das IPCEI-CIS Projekt und bildet einen Rahmen, der die Vision, die Mission und die einzelnen Projekte bündelt und die Fortführung über die Laufzeit des IPCEI-CIS-Programms hinaus sicherstellt.

www.8ra.com

Multi-Provider Cloud-Edge Kontinuum

Eine übergreifende digitale Infrastruktur, die Rechenzentren mit Endanwendungen verbindet.

- **Flexible Nutzung der Infrastruktur** von Cloud zu Edge für die optimale Verteilung von Anwendungen und bestmögliche Anbindung von Ressourcen.
- **Breites Anbieterspektrum und Interoperabilität** verhindern einen Lock-in und sind Basis für Skalierbarkeit.
- **Offenheit für unterschiedliche Anwendungstypen** unterstützt die Vielfalt industrieller Anwendungen.
- **Eine gemeinsame Architektur** auf Basis anwendungsbezogener Spezifikationen und offener Bausteine / Open- Source, schafft Transparenz und ermöglicht gemeinsame Gestaltung.

IPCEI-CIS Themenbereiche

8ra / IPCEI-CIS Bereiche	Anwendungsfelder
Anwendungen	Anwendungsfälle, z.B. Automatisierung, Robotik, autonom fahrende Fahrzeuge
Datenverarbeitung, KI, Tools und Dienste	Werkzeuge und Dienste für das Cloud-Edge-Kontinuum
Cloud-Edge-Funktionen, Virtualisierung und Abstraktion	Komponenten zur Verwaltung von Cloud-Edge-Ressourcen und Föderation
Infrastruktur und Ressourcen für das Cloud-Edge-Kontinuum	Edge-Knoten, Rechenzentren, Kommunikationsnetze

Beispiel Open-Source
NeoNephos – Open-Source Community

NeoNephos

NeoNephos bündelt Open-Source-Projekte, die wesentliche **Bausteine für das Cloud-Edge Kontinuum** sowie die dazugehörigen Werkzeuge bereitstellen. Mehrere NeoNephos-Projekte entstanden im Rahmen von Arbeiten, die unter dem IPCEI-CIS-Programm gefördert wurden.

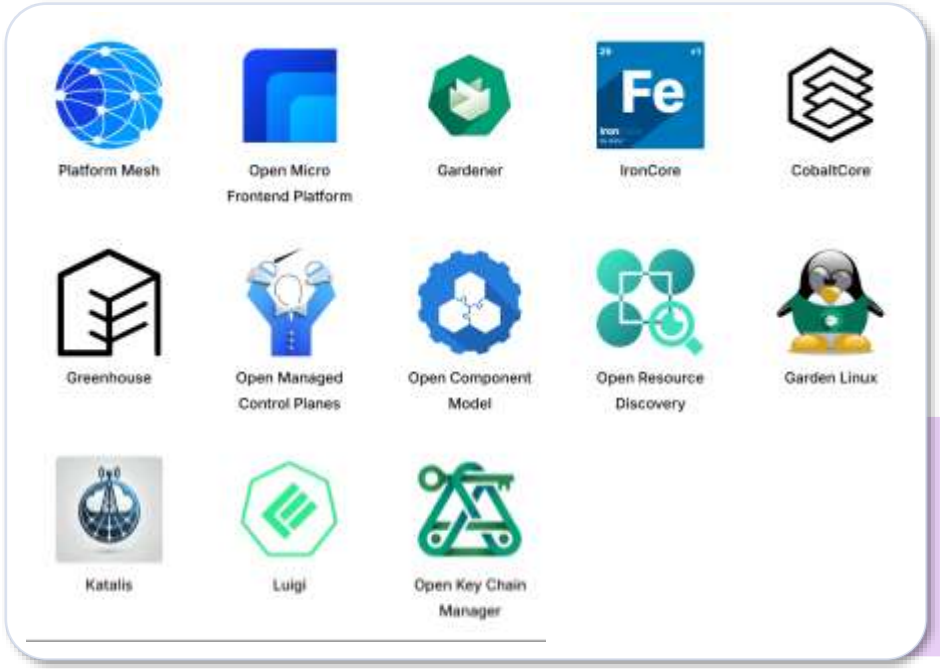
BWI IT für Deutschland

STACKIT A Brand of Schwarz Digits

T-Systems

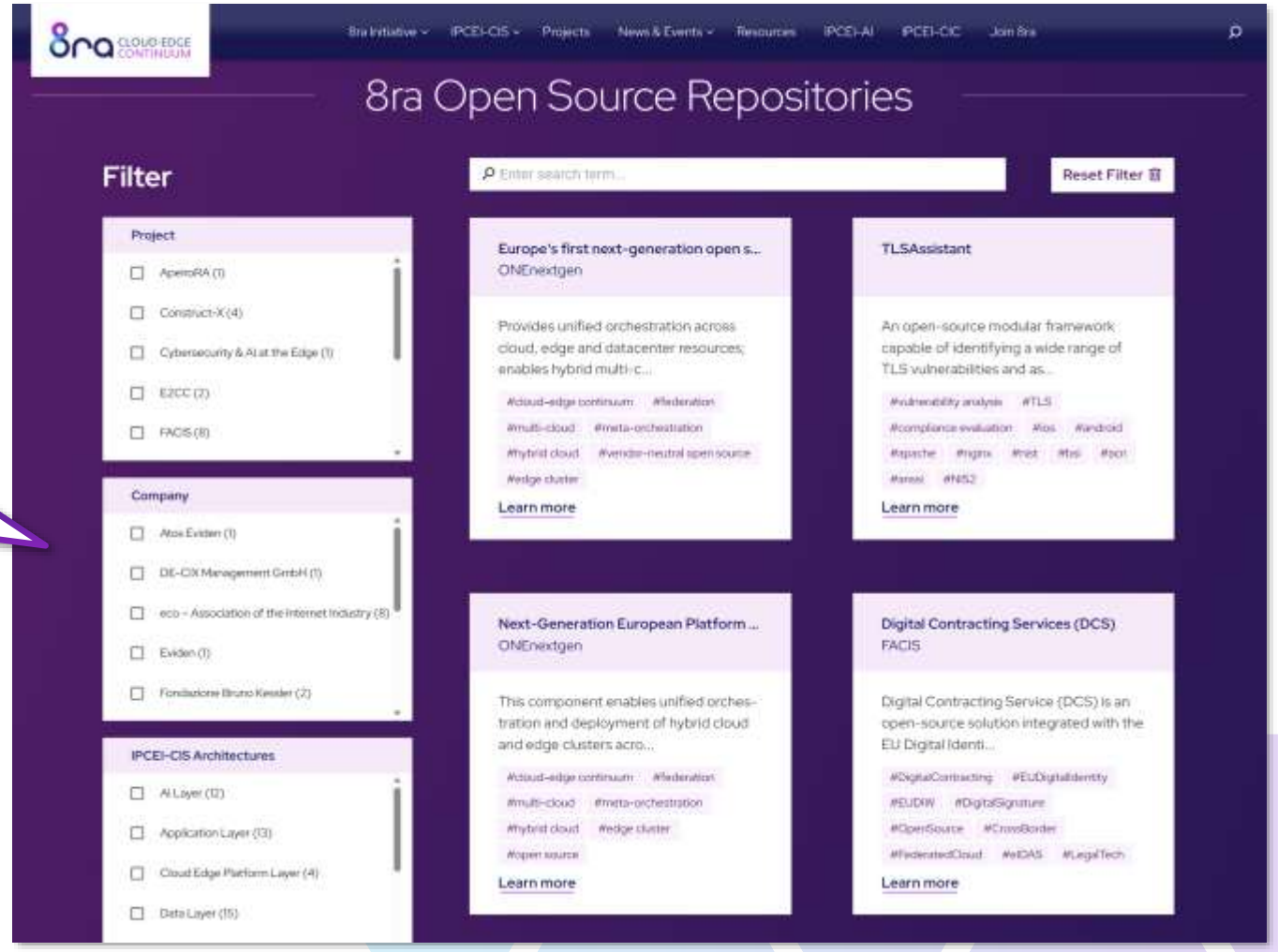
SAP

NeoNephos Projekte:



Beispiel Open-Source
Open Source Repositories

Auf [8ra.com](8ra.com) gibt es eine Sammlung der Open-Source Beiträge, die in dem IPCEI-CIS Projekt entstehen.



Agenda

Souveräne Digitale Infrastruktur
- Ausgangspunkt IPCEI-CIS
- Multi-Provider Cloud-Edge Kontinuum

Cloud Stack Studie
- Eine digitale Infrastruktur für die Industrie
- Anforderungen an Open-Source Cloud Stacks
- Definition Cloud Stacks und ihr Umfeld
- Generische Darstellung der Cloud Stack Funktionen
- Bewertung: Modularität, Dienstmodelle Funktionalitäten
- Einordnung in eine Cloud Stack Landkarte
- Erkenntnisse und Empfehlungen

Cloud Stack an der Edge
- Edge Definition und Anwendungen
- Anforderungen und Herausforderungen
- Sylva als Brücke zwischen Edge und Cloud

Eine digitale Infrastruktur für die Industrie

Das Leitbild 2030 der Plattform Industrie 4.0 formuliert einen ganzheitlichen Ansatz zur Gestaltung digitaler Ökosysteme mit den Schwerpunkten Souveränität, Interoperabilität und Nachhaltigkeit.

IPCEI-CIS bietet eine souveräne, offene digitale Infrastruktur als Grundlage dafür. Unterschiedliche industrielle Anwendungen gestalten eine gemeinsame Basis, die durch Anwendungen, Piloten und Testumgebungen in die Praxis überführt wird.

Cloud Stack Studie

Die Plattform Industrie 4.0 hat die Umsetzbarkeit eines Multi-Provider Edge-Cloud Kontinuums auf Basis von Open-Source im Kontext von IPCEI-CIS untersuchen lassen.

Schwerpunkte:

- Aufzeigen der Open-Source Cloud-Technologie Landschaft in Europa
- Schaffung einer allgemeinen Struktur zur Einordnung von unterschiedlichen Cloud Stacks
- Generische Cloud Stack Darstellung
- Berücksichtigung spezieller angrenzender bzw. verknüpfter Architekturen wie z.B. Telco-Stacks oder Edge Komponenten
- Einordnung und Bewertung ausgewählter Cloud Stacks sowie Handlungsempfehlungen für Anwender und Betreiber

Was ist ein Open-Source Cloud Stack?

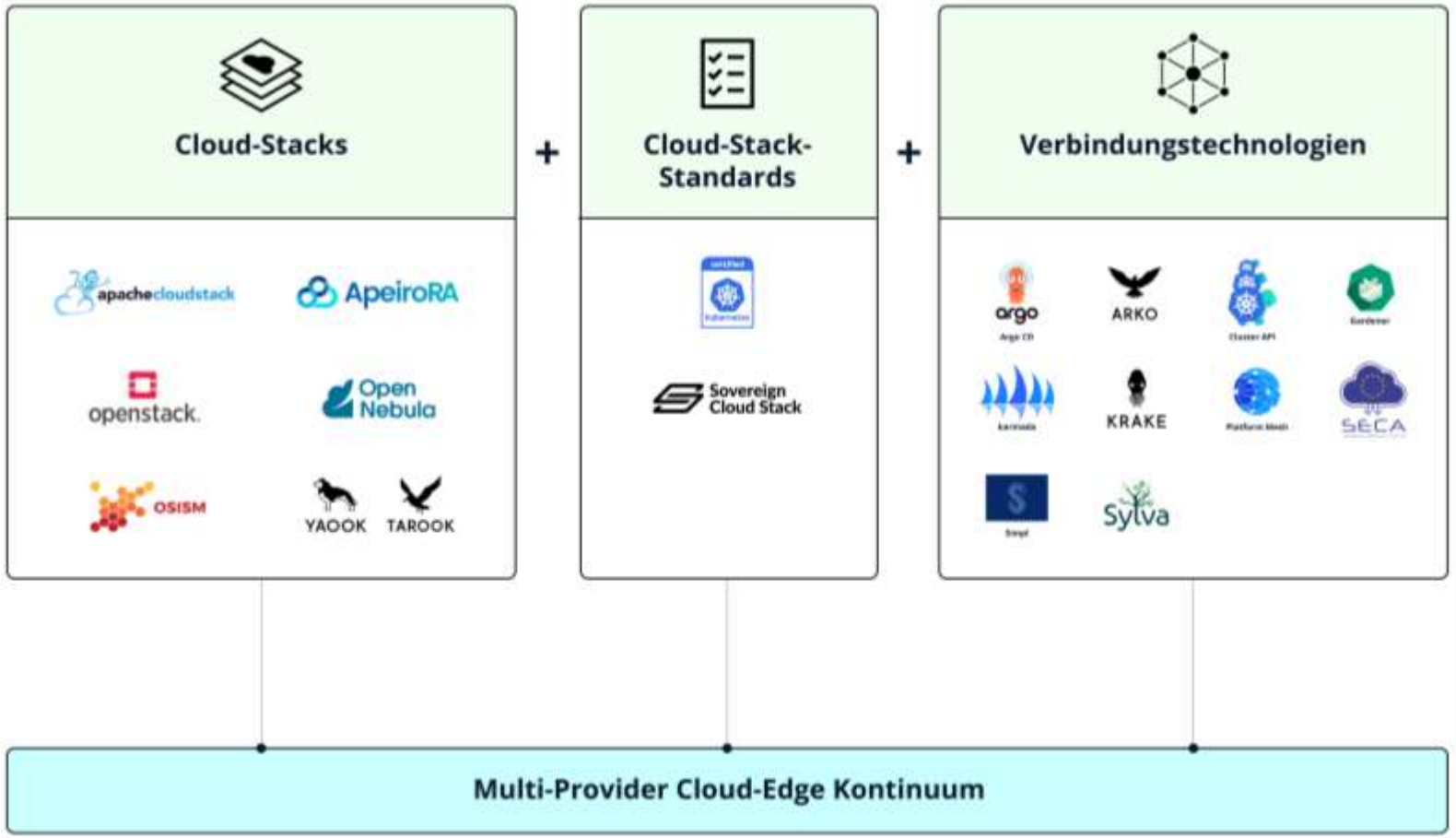
Clouds bilden die Grundlage für digitale Anwendungen, ihre Bedeutung wächst besonders im industriellen Bereich.

Ein Open Source Cloud Stack beschreibt die Kombination von offenen, frei zugänglichen IT-Komponenten, die die Cloud-Anwendungen ermöglichen.

Im Bereich übergreifender digitaler Infrastrukturen bilden Cloud Stacks eine zentrale Grundlage.

Cloud Stacks und ihr Umfeld

In der Cloud Stack Studie betrachtete Cloud Stacks, Cloud Stack-Standards und Verbindungstechnologien:

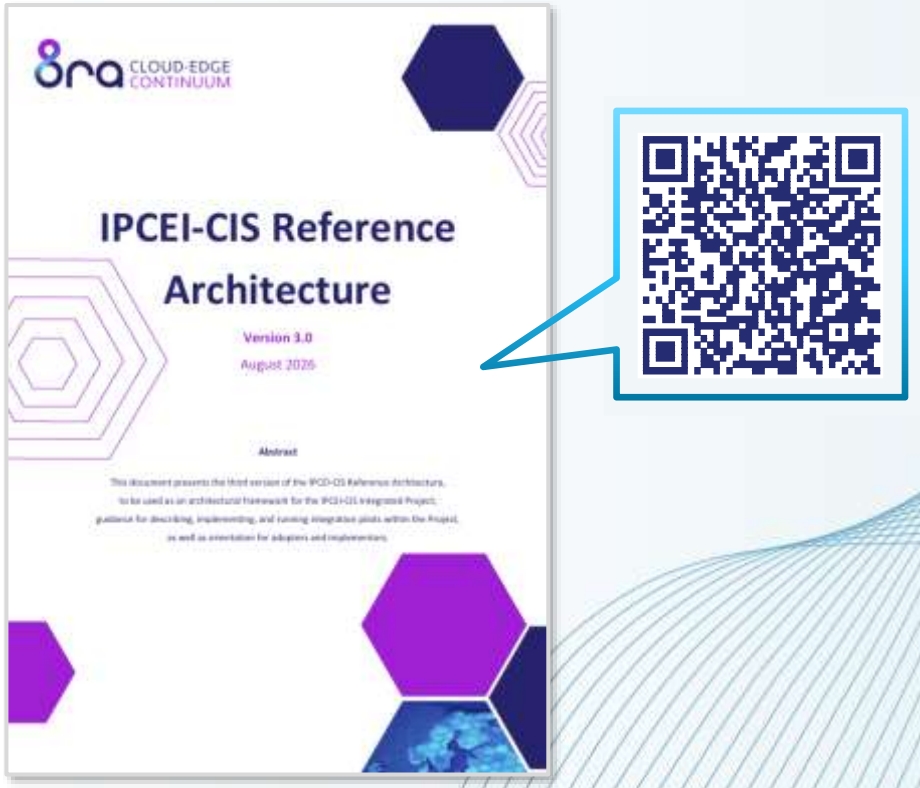


Anforderungen

Ausgangspunkt ist das **IPCEI-CIS** Projekt mit Projektpartnern aus verschiedenen industriellen Sektoren.

In der **IPCEI-Reference Architektur** sind dabei Kernkomponenten dargestellt und beschrieben.

Anforderungen für die Open-Source Cloud Stack Studie sind aus der IPCEI-Reference Architektur abgeleitet.



Kernthema Föderation

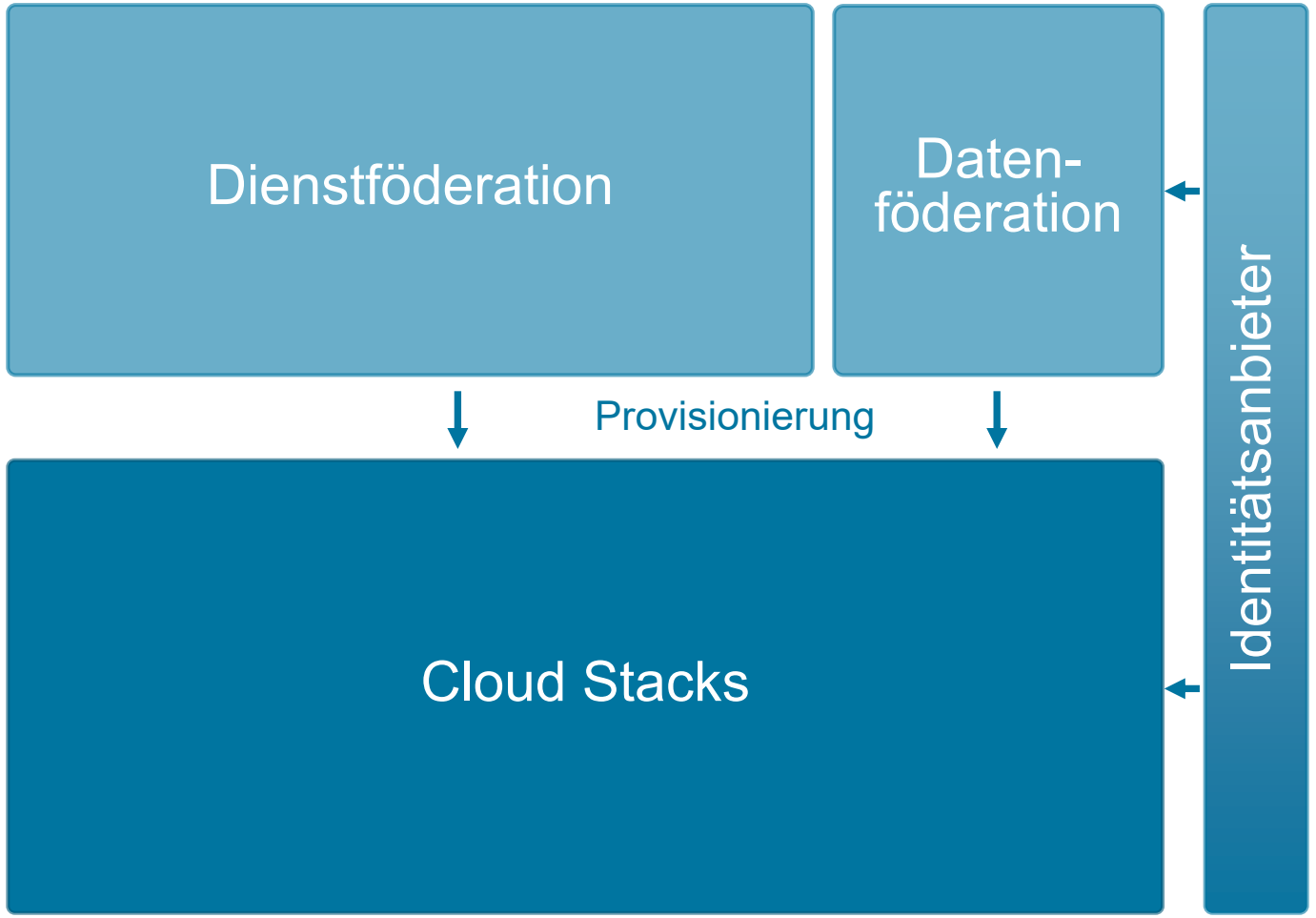
Eine föderierte Cloud bündelt Cloud-Dienste unterschiedlicher Anbieter zu einer anbieterübergreifenden Cloud-Umgebung.

Cloud-Föderation ermöglicht eine flexible Ressourcennutzung.

Föderation kann sich neben Diensten auch auf Daten beziehen.

Kubernetes ist für die Föderation von Diensten ist ein zentrales Element.

Kubernetes: Open-Source-System zur Verwaltung von Container-Anwendungen.



Die Abbildung zeigt, wie sich Cloud Stacks mit den heutigen Technologien und Ansätzen föderieren lassen

Kernthema Föderation

Eine föderierte Cloud bündelt Cloud-Dienste unterschiedlicher Anbieter zu einer anbieterübergreifenden Cloud-Umgebung.

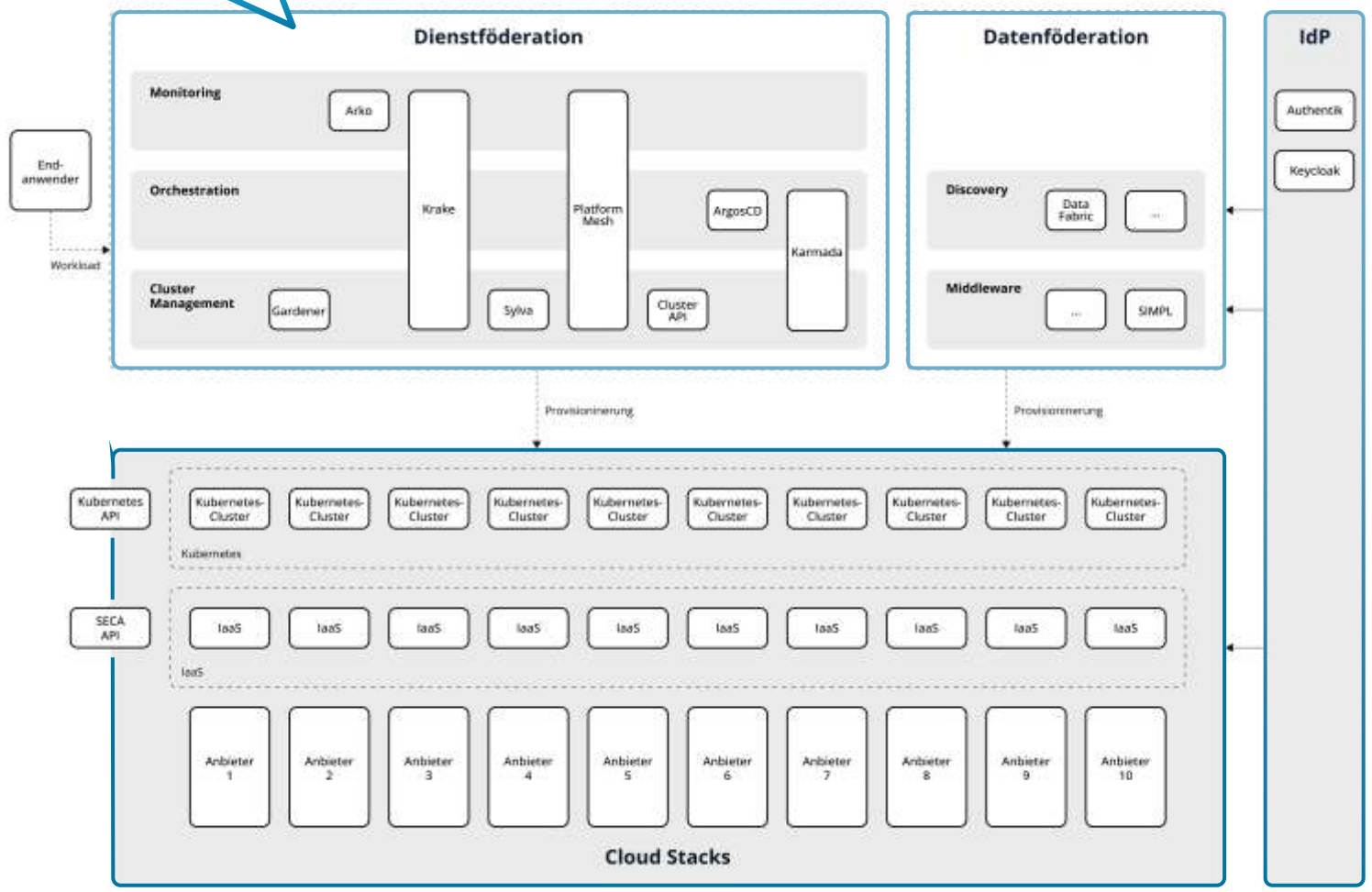
Cloud-Föderation ermöglicht eine flexible Ressourcennutzung.

Föderation kann sich neben Diensten auch auf Daten beziehen.

Kubernetes ist für die Föderation von Diensten ist ein zentrales Element.

Kubernetes: Open-Source-System zur Verwaltung von Container-Anwendungen.

Abbildung aus der Studie



Die Abbildung zeigt, wie sich Cloud Stacks mit den heutigen Technologien und Ansätzen föderieren lassen

Betrachtete Cloud Stacks

Auswahlkriterien:

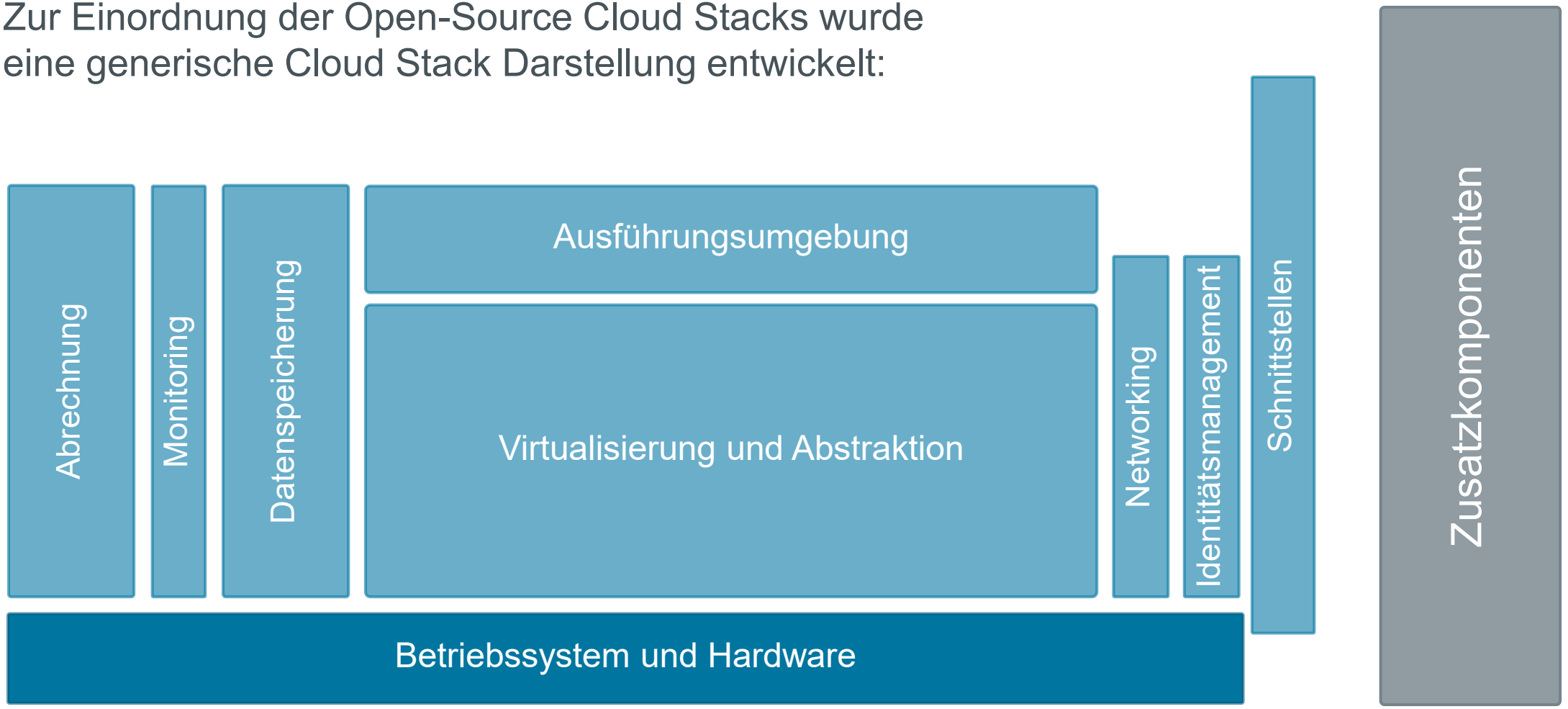
- Nutzung im realen Betrieb und aktive Weiterentwicklung
- Abdeckung mindestens einer Dienstmodellschicht ab (z. B. IaaS)
- Multimandantenfähigkeit mit logischer Mandantentrennung
- Quelloffenheit (Open Source)
- Frei zugängliche Dokumentation und Informationen zu Architektur, Installation und Betrieb des Cloud Stacks und seiner Schichten

Ausgewählte Stacks:

- Apache CloudStack
- ApeiroRA
- OpenNebula
- OpenStack
- OSISM
- Yaook + Tarook

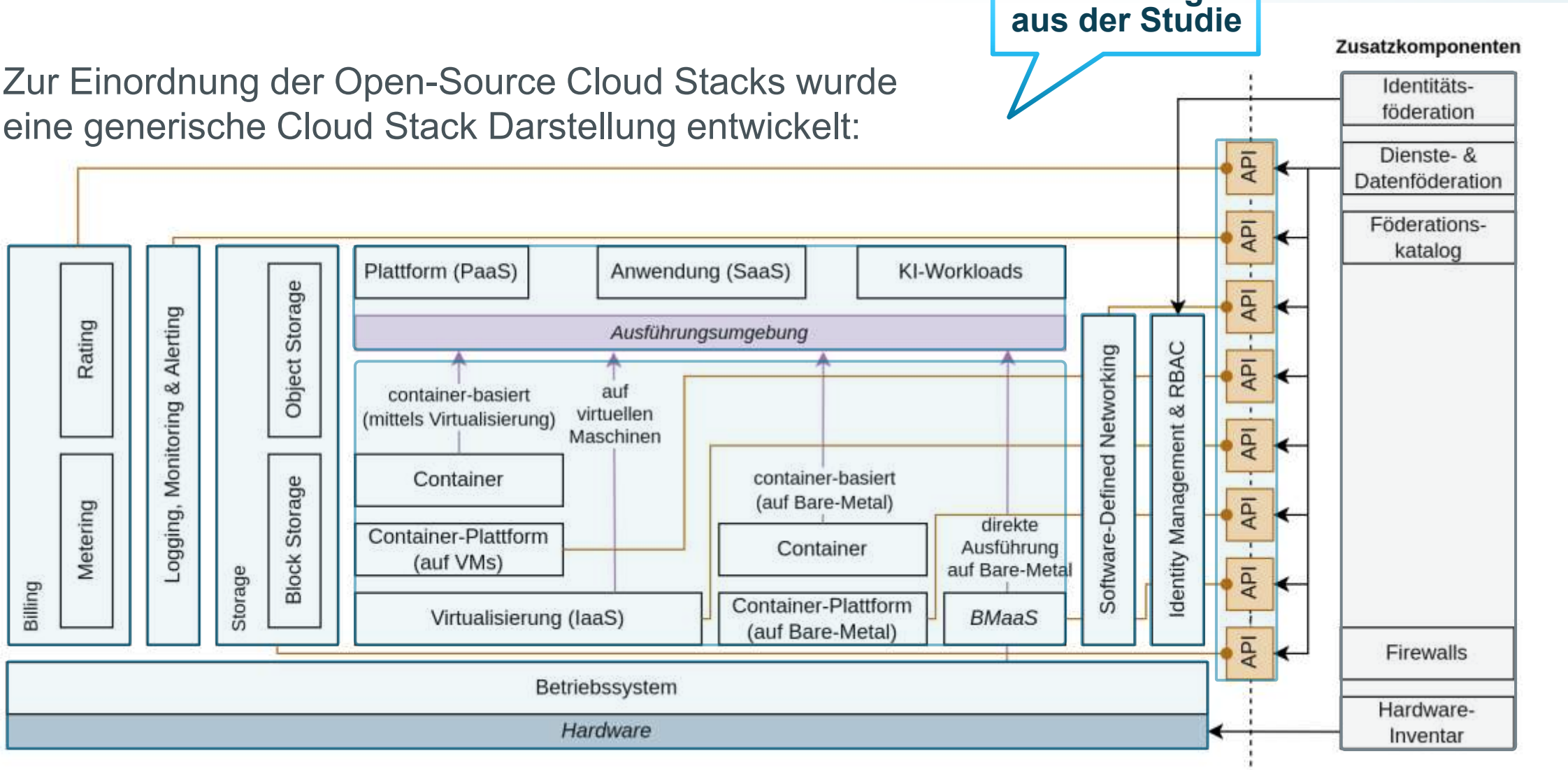
Generische Cloud Stack Darstellung

Zur Einordnung der Open-Source Cloud Stacks wurde eine generische Cloud Stack Darstellung entwickelt:



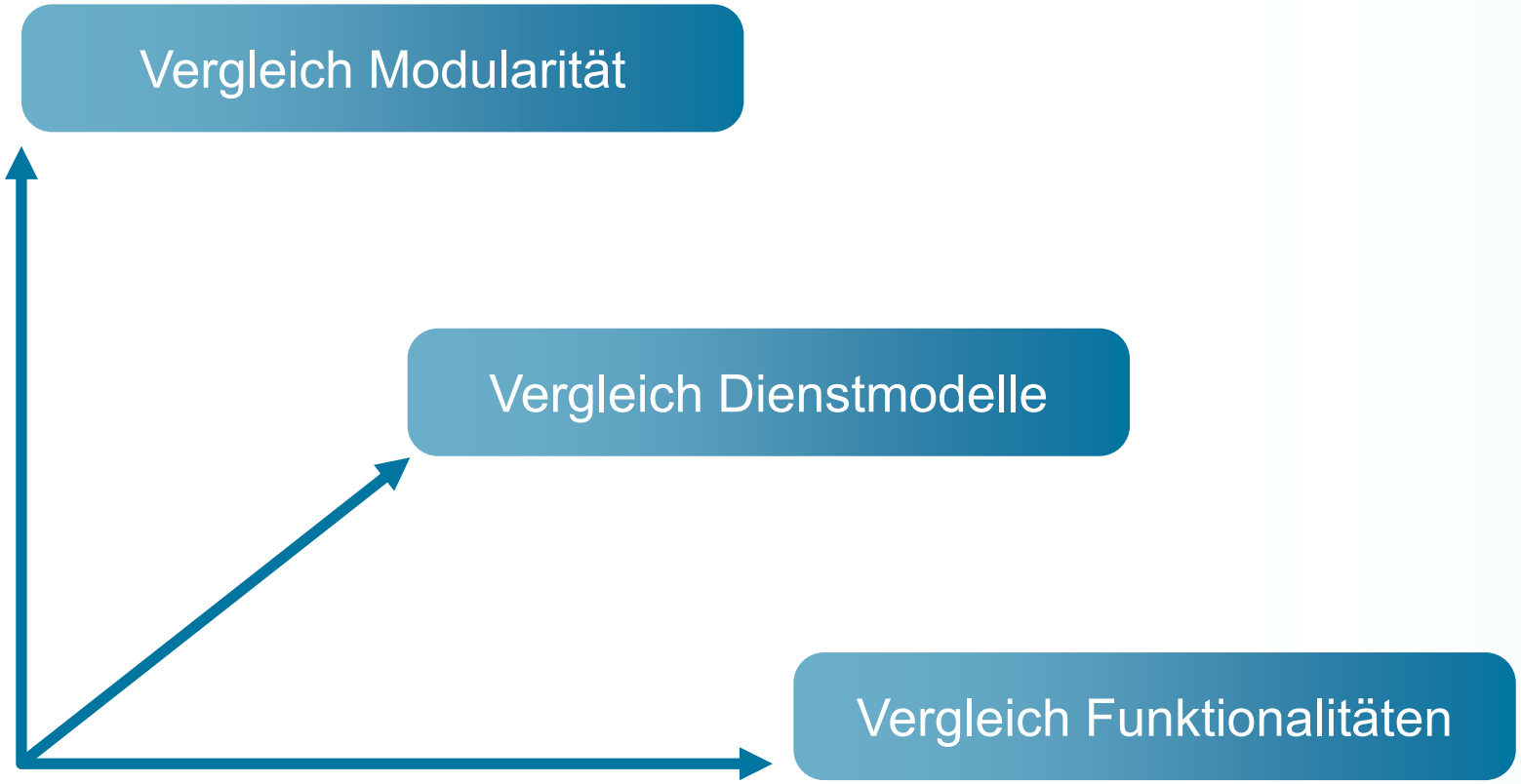
Generische Cloud Stack Darstellung

Zur Einordnung der Open-Source Cloud Stacks wurde eine generische Cloud Stack Darstellung entwickelt:

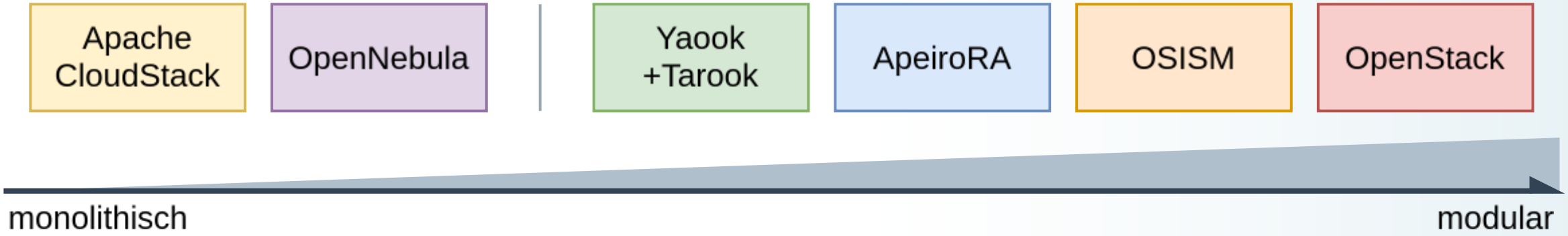


Bewertung der ausgewählten Cloud Stacks

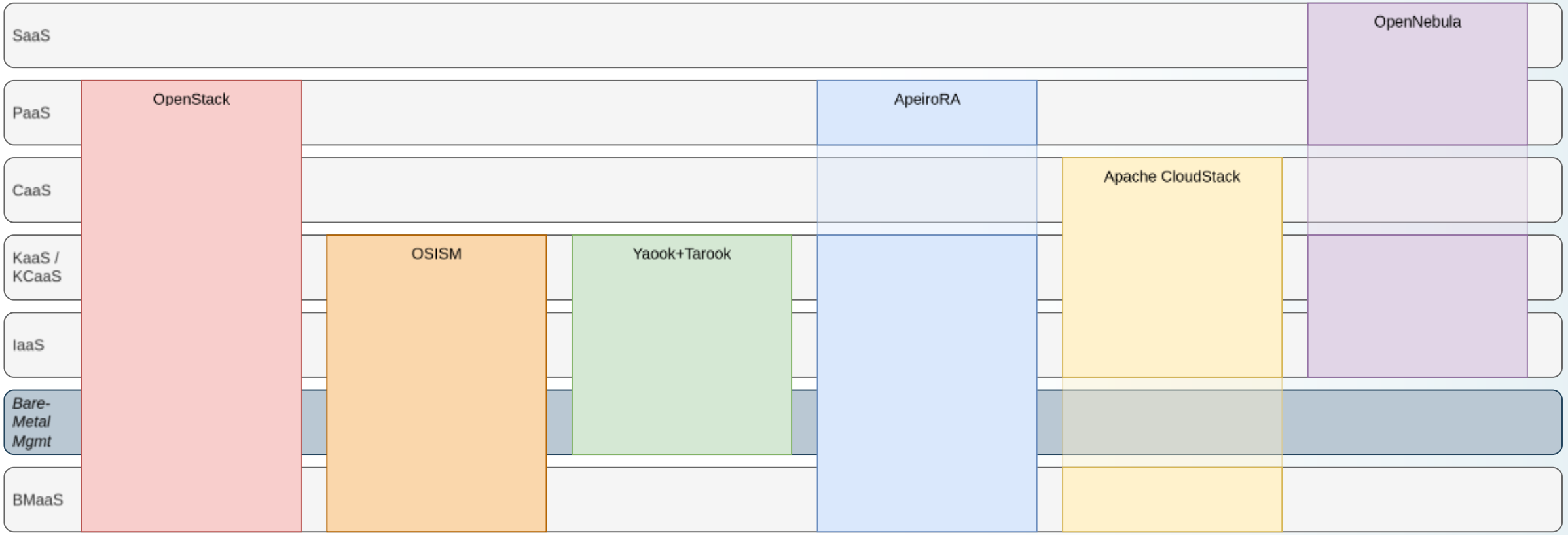
Weiterführende Bewertung der Cloud Stacks:



Cloud Stacks Vergleich nach Modularität



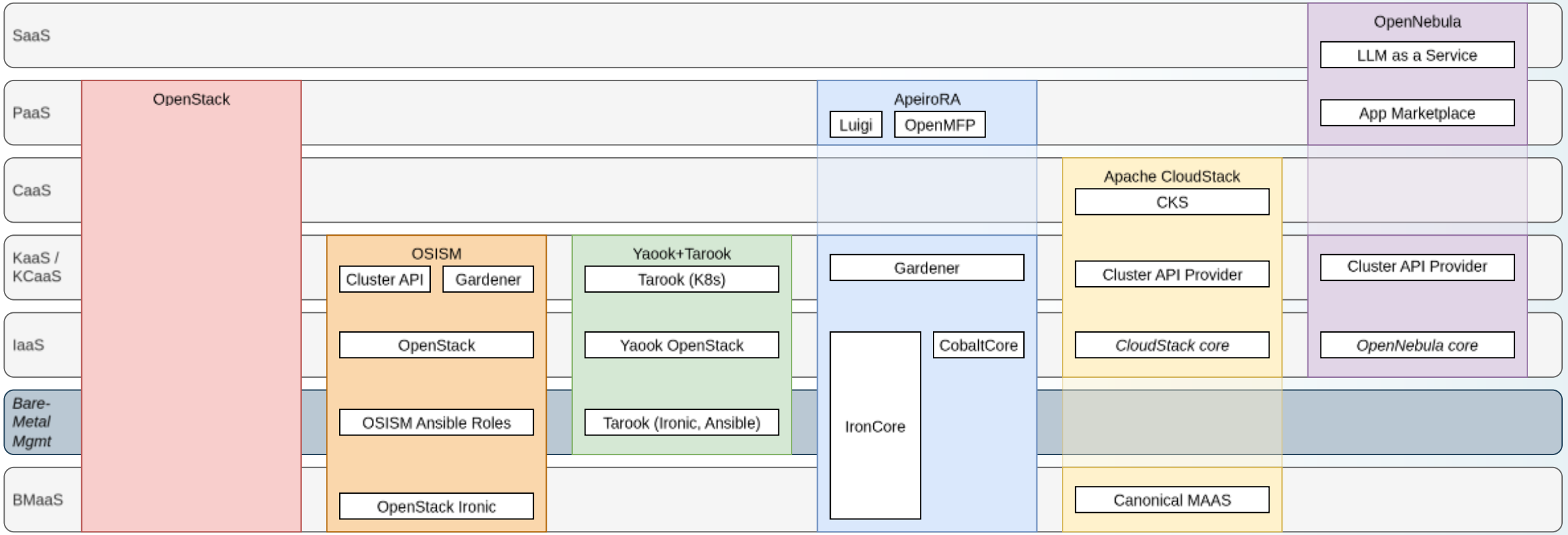
Vergleich Dienstmodelle



SaaS: Software as a Service
PaaS: Platform as a Service
CaaS: Container as a Service

KaaS: Kubernetes as a Service
KCaaS: Kubernetes Cluster as a Service
IaaS: Infrastructure as a Service
BMaaS: Bare Metal as a Service

Vergleich Dienstmodelle



Bewertung Funktionalitäten

Die **Funktionalitäten** der Open-Source Cloud Stacks wurden in der Studie aufgeschlüsselt und **bewertet**.

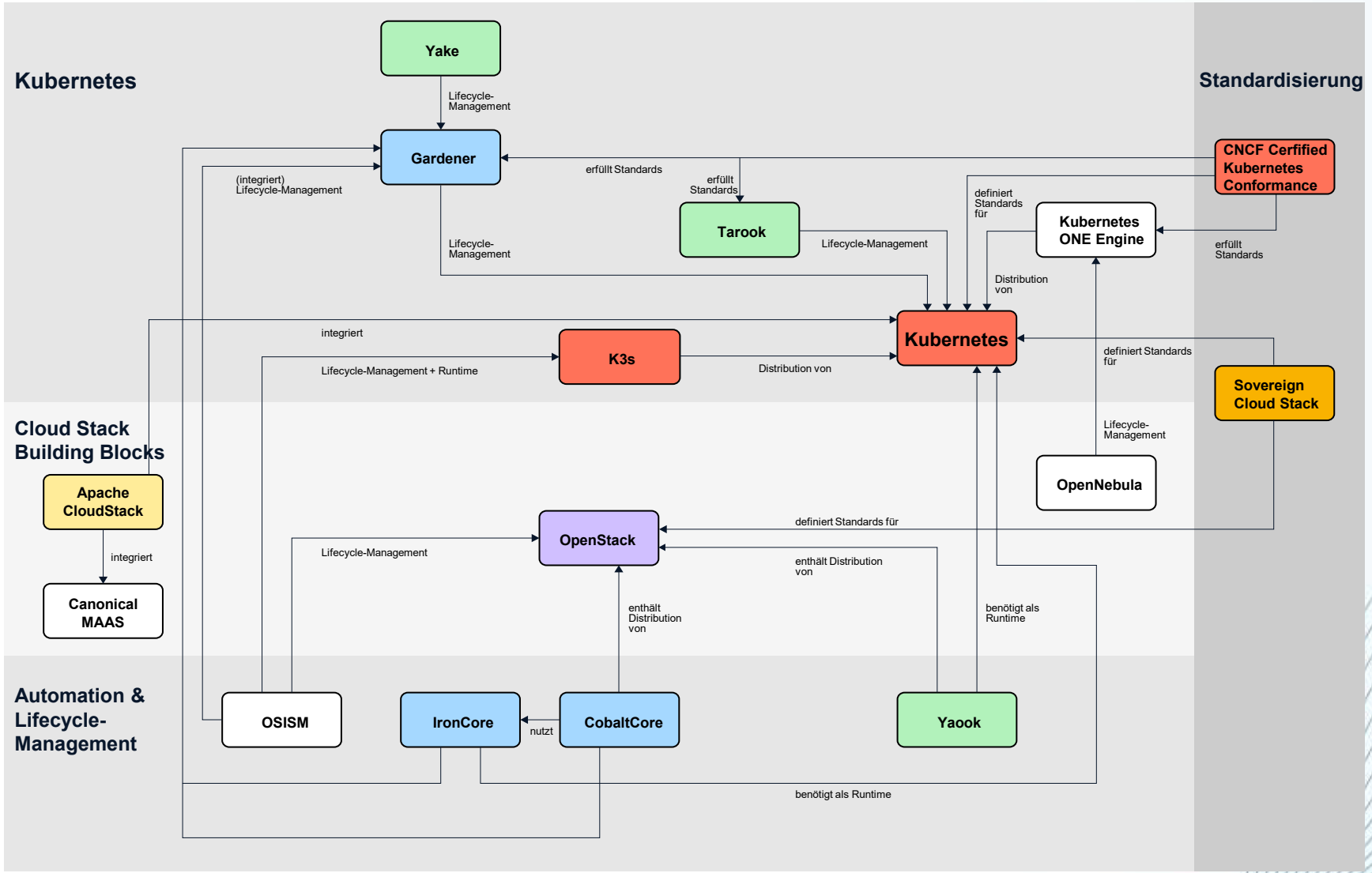
Bewertung Funktionalitäten

	OpenStack	OSISM	Yaook + Tarook	ApeiroRA	Apache CloudStack	OpenNebula
SaaS (D1)	○	○	○	○	○	●
PaaS (D2)	●	○	○	●	○	●
CaaS (D3)	●	○	○	○	○	○
KaaS (D4)	○	●	○	○	●	○
KCaaS (D5)	●	●	◐	●	●	●
IaaS (D6)	●	●	●	●	●	●
BMaaS (D7)	●	●	○	●	●	○
Dienste & Anwendungen Katalog (S1)	◐	◐	◐	●	?	?
Rating (S2)	●	●	◐	○	●	●
SDN (S4)	●	●	●	●	●	●
Identity Föderation (S7)	●	●	●	●	●	●
Ressourcenbackups (S10)	●	●	●	○	◐	●
SLA Schnittstelle (S3)	○	○	○	○	○	○
Ressourcenvorallokation (S5)	●	●	●	●	○	○
Hardware Capability Schnittst. (S6)	●	●	●	◐	●	●
Workload Monitoring (S8)	○	◐	○	●	○	○
Schnittst. Mandantenverwaltung (S9)	●	●	●	●	●	●
Interoperable Formate (I3)	●	●	●	●	?	?
Standardisierte API-Protokolle (I4)	●	●	●	●	●	●
Object Storage (I1)	●	●	●	●	●	○
Block Storage (I2)	●	●	●	●	●	●
Echtzeit-Monitoring (B1)	●	●	●	●	●	○
Alerting (B2)	◐	●	●	◐	●	○
Logging (B3)	●	●	◐	●	●	●
Lifecycle-Management (B4)	●	●	●	●	○	◐
Hardware-Inventar (B5)	○	○	◐	●	○	○
GPU-Unterstützung (B6)	●	●	●	●	●	●

	OpenStack	OSISM	Yaook + Tarook	ApeiroRA	Apache CloudStack	OpenNebula
Energiemetriken Hardware (N1)	○	○	○	◐	○	◐
Energiemetriken Workloads (N2)	○	○	○	○	○	◐
Sichere Authentifizierung (IAM1)	●	●	●	●	●	●
RBAC (IAM2)	●	●	●	●	●	●
Audit Logging (IAM4)	◐	?	●	●	●	○
MFA (IAM3)	◐	●	◐	●	●	◐
Verschlüsselung At-Rest (DS1)	◐	◐	◐	◐	◐	○
Verschlüsselung Metadaten (DS2)	○	?	○	?	?	?
Verschlüsselung In-Transit (DS3)	◐	?	◐	?	?	?
Key Management (DS5)	●	●	●	●	◐	○
Automatische SSL-Erneuerung (DS6)	◐	●	●	?	○	○
Mandantentrennung (DS7)	●	●	●	●	●	●
Verschlüsselung E2E intern (DS4)	◐	◐	◐	◐	?	?
SBOM (A3)	○	◐	◐	◐	○	○
API-Eingabevalidierung (A5)	◐	◐	◐	◐	?	?
WAF (A1)	○	○	○	○	○	○
API Gateway (A2)	◐	●	○	○	○	?
VPNaaS (A4)	●	●	○	○	●	○
DoS-Schutz (V2)	○	○	○	○	○	?
Redundanz & Hochverfügbarkeit (V3)	●	●	●	◐	●	●
API Brute-Force-Schutz (V4)	●	●	●	●	○	?
Infrastruktur-Backup (V1)	○	◐	◐	○	○	○
Marktdurchdringung (P1)	●	●	●	◐	●	●
Aktive Entwicklung (P2)	●	●	●	●	●	●
Dokumentation (P3)	●	◐	●	○	●	●

Cloud Stack Landkarte

Verortung und Darstellung der Beziehung der Cloud Stack Komponenten:



Organisationen:

- NeoNephos Foundation
- ALASCA
- CNCF
- OpenInfra Foundation
- Apache Software Foundation
- OSBA

Erkenntnisse und Empfehlungen

Ein europäisches Multi-Provider-Cloud-Edge-Kontinuum ist ein zentraler Ankerpunkt digitaler Souveränität.

Die technologischen Bausteine für seine Infrastrukturebene stehen bereits als offene Cloud Stacks und Verbindungstechnologien bereit.

Mit der Cloud Stack Studie wurde eine Möglichkeit zur systematisierten Bewertung von Cloud Stacks aufgezeigt.

Für eine Weiterentwicklung der Cloud Stacks müssen

- Anforderungen aus realen Anwendungsfällen gebündelt werden,
- offene Prozesse zur Standardisierung weiter vorangetrieben werden,
- Praxistauglichkeit und Betriebsfähigkeit sichergestellt werden, sowie
- Open-Source und Communities durch Mitwirkung langfristig gestärkt werden.

Agenda

Souveräne Digitale Infrastruktur
- Ausgangspunkt IPCEI-CIS
- Multi-Provider Cloud-Edge Kontinuum

Cloud Stack Studie
- Eine digitale Infrastruktur für die Industrie
- Anforderungen an Open-Source Cloud Stacks
- Definition Cloud Stacks und ihr Umfeld
- Generische Darstellung der Cloud Stack Funktionen
- Bewertung: Modularität, Dienstmodelle Funktionalitäten
- Einordnung in eine Cloud Stack Landkarte
- Erkenntnisse und Empfehlungen

Telco Cloud Stack als Edge Lösung
- Telco-Edge Definition und Anwendungen
- Anforderungen und Herausforderungen
- Sylva als souveräne Edge-Lösung

Telco Open Source Cloud Stack als Lösung für Cloud Edge

Souverän – Open Source - Edge

THE LINUX FOUNDATION | Europe

Was ist die Mission von Sylva?

Die führenden europäischen Telekommunikationsanbieter haben gemeinsam mit Anbietern von Netzwerkfunktionen im **November 2022** das Sylva-Projekt ins Leben gerufen, um die Anforderungen von Telco- und Edge-Anwendungsfällen zu adressieren.

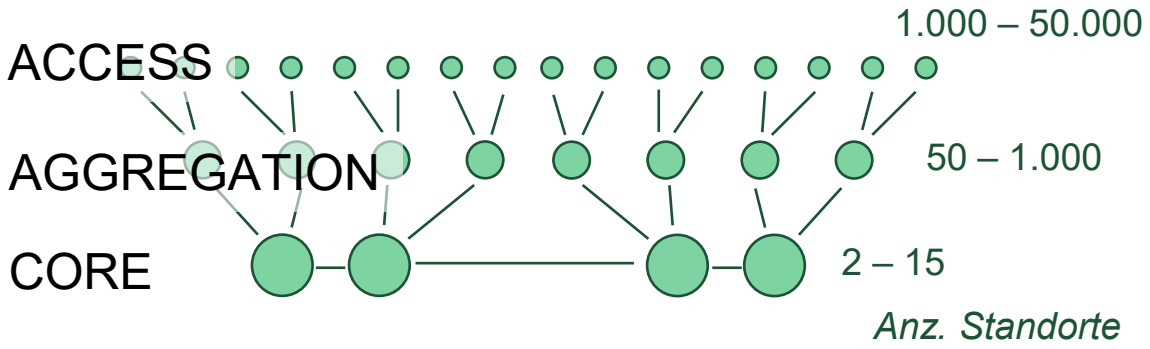
Die Ziele des Projekts sind:

- Bereitstellung eines **Cloud-Software-Frameworks**, das speziell auf die Anforderungen von Telco und Edge zugeschnitten ist und die technischen Herausforderungen der Infrastrukturebene dieses Ökosystems adressiert.

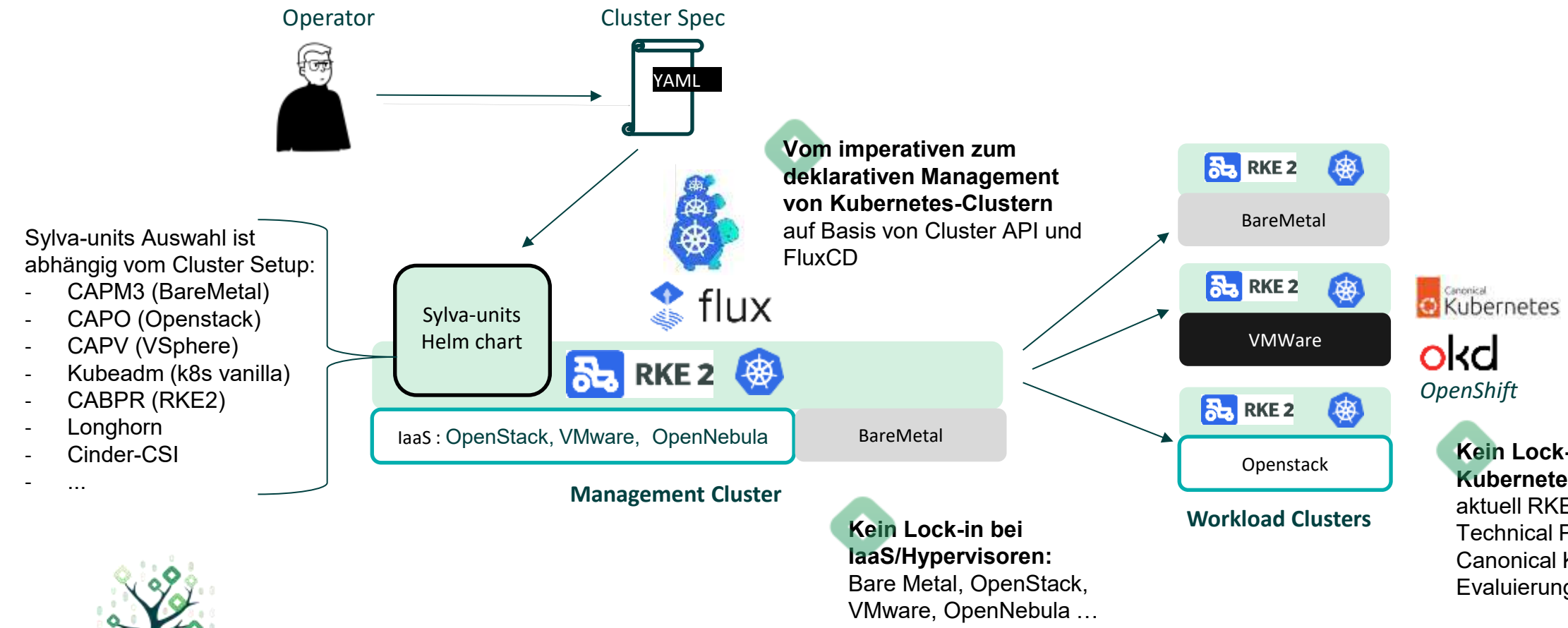
- Entwicklung einer **Referenzimplementierung** des Cloud-Software-Frameworks sowie eines **Validierungsprogramms** für entsprechende Implementierungen.

Was ist eine Telco Cloud?

- Telco Cloud bezeichnet eine Cloud-Plattform welche für die Produktion von Netzdiensten (z. B. 5G) eingesetzt wird
  - (typischerweise) On-prem
  - Spezielle Netzwerkkonfiguration
  - Performanceanforderungen für Paket-Forwarding
  - Hochverfügbarkeit 99,999% statt 99,95%
  - Kritische Infrastruktur
  - Weniger PaaS Services notwendig, Fokus auf Kubernetes
  - Verschiedene Netzebenen: Core – Aggregation - Access



Sylva's technische Architektur



Sylva als strategischer Open-Source-Hebel für Resilienz und Souveränität

DER KONTEXT: EIN PERFEKTER STURM

- **Geopolitische Spannungen**
  Handelskonflikte, Sanktionen, Instrumentalisierung von Lieferketten
- **Regulatorischer Druck**
  EU-Digitale Souveränität, CAIDA, European Cloud Framework, NIS2, DORA, Vorgaben zur Datenlokalisierung
- **Risiko von Anbieterabhängigkeit**
  Abhängigkeit von Anbietern, proprietäre Stacks, eingeschränkte Portabilität
- **Cyber- und Infrastrukturresilienz**
  Kritische Infrastrukturen unter wachsender Bedrohung, Bedarf an autonomer Wiederherstellung

Open Source ist das Betriebsmodell für souveräne, resiliente und wettbewerbsfähige Infrastrukturen

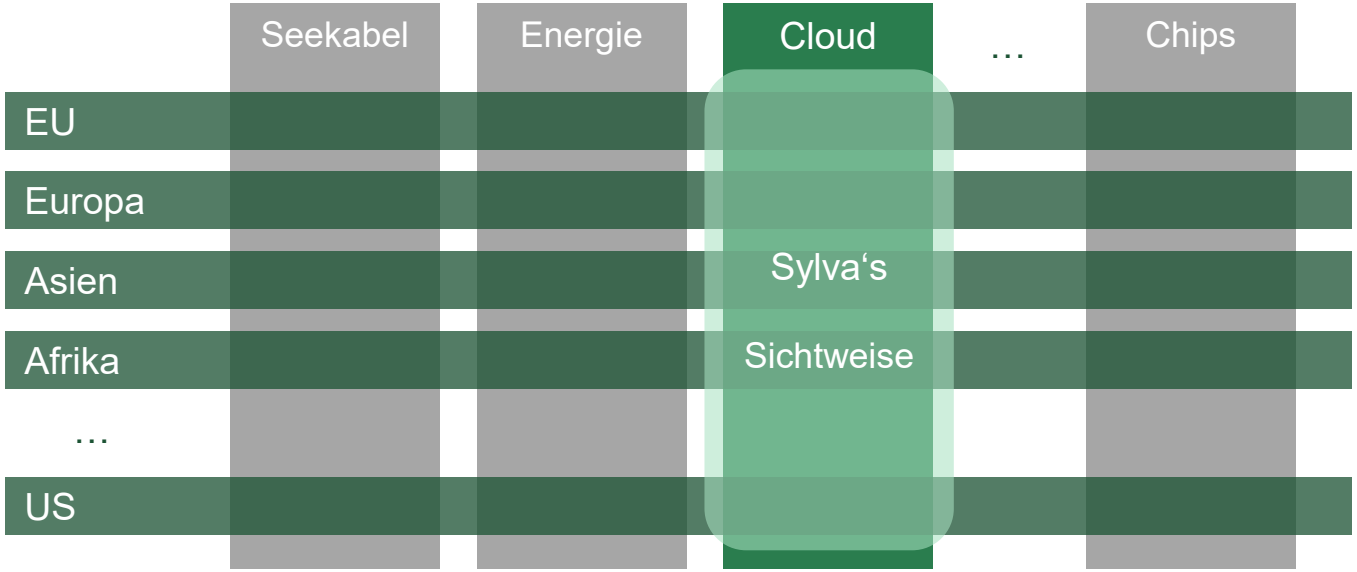
- Transparenz & Vertrauen
- Gemeinsame Investitionen
- Modulare Architektur
- Resilienz durch die Community
- Schnellere Innovation
- Portabilität und Wahlfreiheit

SYLVA: WO ALLES ZUSAMMENKOMMT

- **Eine souveräne Cloud-Native-Plattform**
  Von Telcos für Telcos entwickelt, unter Governance der Linux Foundation Europe
- **Resilienz durch Architektur**
  Multi-Cloud-fähig, GitOps-basiert, mit automatisierter Validierung und Recovery
- **Wahlfreiheit durch Design**
  Keine Abhängigkeit von einem einzelnen Anbieter, modular und über verschiedene Umgebungen hinweg portabel
- **Wettbewerbsfähigkeit durch Zusammenarbeit**
  Geteilte F&E-Kosten, schnellere Markteinführung und offene Innovation

Sylva‘s Souveränität

Digitale Souveränität **in Europa** bezeichnet die Fähigkeit europäischer Staaten, Institutionen und Bürger, ihre eigene digitale Infrastruktur – wie Cloud-Dienste, Daten und Netzwerke – **unabhängig von externen Akteuren** und im **Einklang mit europäischen Gesetzen und Werten** zu kontrollieren.



Bereiche der (Cloud) Souveränität:

- Governance
  - Firmensitz, Eignerschaft, ..
  - Lokalität (Zugriff auf Daten)
  - Gesetzgebung
- Lieferkette
  - Hardware
  - Software
  - Support
- Datensicherheit
- Interoperabilität und Portabilität

Wir machen Sylva zur Standardlösung für Telco Cloud

- Bereits Teil von IPCEI-CIS / 8ra / lab8ra
- Teil von EURO-3C – EU-Horizon-Programm
- Referenziert in der EU Reference Telco Cloud Architecture
- Teil des Cloud Native Telco Forum
- Vom CNCF TAB für die Cloud Native Reference Architecture berücksichtigt

Fortsetzung folgt – aktiv vorangetrieben

Sylva

Example Result:
European Telco Edge Continuum goes live

European Edge Continuum

Successful live demonstration of the European Edge Continuum at Mobile World Congress 2026 by Deutsche Telekom, Orange, Telefónica, TIM, and Vodafone.

The first federated edge cloud connecting the networks of Europe's five largest operators.

This milestone marks a breakthrough within the 8ra initiative.

Danke!

sylvaproject.org

Every cloud has a SYLVA lining.

Wie Open Source hilft

Theoretisch

- Der Code kann „geforkt“ werden – niemand besitzt den Code exklusiv.
- Funktionen können hinzugefügt werden.
- Fehler im Code können behoben werden.
- Der Code kann überprüft und auditiert werden.
  (aber: Man muss den Code verstehen.)

Ermöglicht eine einfache Zusammenarbeit zwischen Unternehmen

- Open Source Software (OSS) ermöglicht es, Ressourcen und Stärken auf Basis eines einfachen rechtlichen Rahmens zu bündeln.

Der Kern von Sylva basiert auf Open Source

- FluxCD, Cluster API, Kubernetes, ..

Sylva selber ist Open Source und Teil der Linux Foundation Europe (LFE)

- Mehrere Unternehmen sind Sponsoren.
- Mehrere Unternehmen tragen aktiv zur Entwicklung bei.
- Neutrale Governance: kein Risiko, dass ein einzelnes Unternehmen die Ausrichtung oder Regeln einseitig ändert.

Austauschbare Komponenten

- CAPI-Provider, Betriebssystem und Kubernetes-Distribution können ausgetauscht werden.

Aktive Mitarbeit in Sylva bedeutet mehr Kontrolle über die eigenen Abhängigkeiten.

Sovereignty – a definition

- Digitale Souveränität **in Europa** bezeichnet die Fähigkeit europäischer Staaten, Institutionen und Bürger, ihre eigene digitale Infrastruktur – wie Cloud-Dienste, Daten und Netzwerke – **unabhängig von externen Akteuren** und im **Einklang mit europäischen Gesetzen und Werten** zu kontrollieren.

Edge eine Definition aus Sicht einer Telco

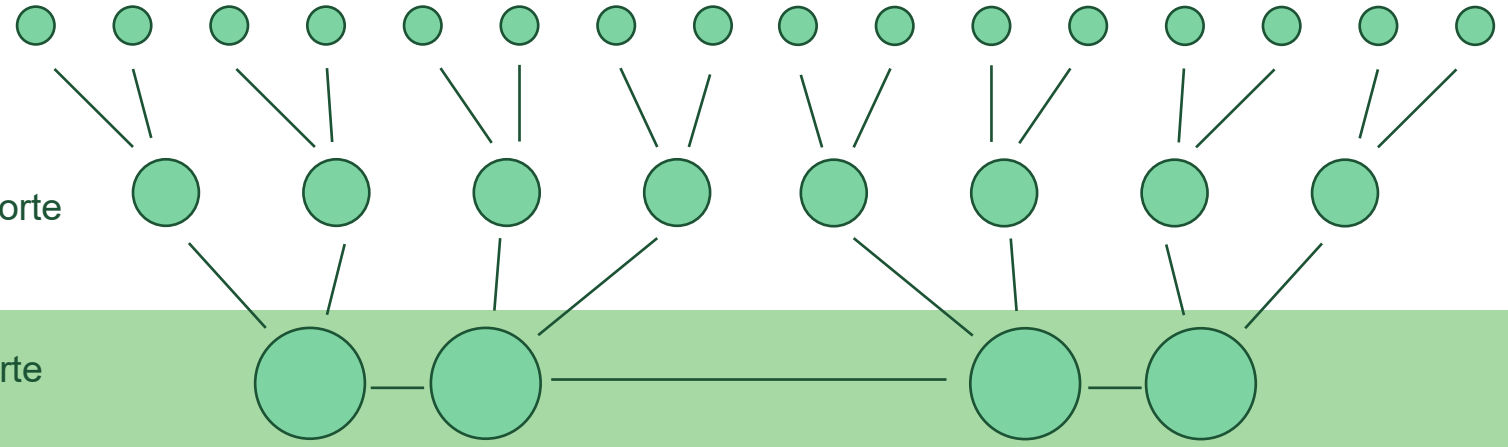
Telco Sicht

Business Sicht

1.000 – 50.000
Funkstandorte
Telco: Far Edge

50 – 1.000
Aggregations-Standorte
Telco: Near Edge

2 – 15 Core-Standorte
Telco: Core



„Far“ Edge

„Near“ Edge

PLATTFORM INDUSTRIE 4.0

Zeit für Ihre Fragen.

Die Aufzeichnung wird gestoppt und die Q&A Session beginnt.
Stellen Sie Ihre Frage gerne schriftlich im Chat oder heben Sie Ihre Hand für eine direkte Frage.
Vielen Dank.