

Neue Technologien in der Brustkrebsdiagnose

- ✓ Historie und Situation in Österreich
- ✓ Mammagewebe – Eigenschaften als Technologiebooster
- ✓ Neue Technologien in Österreich – Erfahrungen und Zukünftiges
 - Breast Tomosynthesis (DBT)
 - Contrast Enhanced Digital Mammografie (CEDM)
 - Zukünftige Entwicklungen
- ✓ CT Breast Scanner als neueste Technologie
 - Breast Scanner von AB-CT
- ✓ Künstliche Intelligenz
 - Ausgewählte Anwendungsbeispiele
 - Nutzung von LLM (Textgeneratoren mit Large Language Models)

Friedrich Semturs
Konsultent Medizinphysik
MUW – Zentrum für Med Physik und Biomed Technik
friedrich@semturs.com

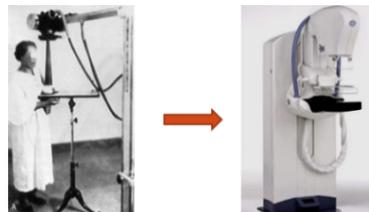
Friedrich Semturs CCIV 2024

1

1

Neue Technologien Historie

- ✓ 1964 Erstes Mammografiegerät
- ✓ Erste Flachdetektorgeräte
2000 – CsJ GE Senographe 2000D
- ✓ 2002 Erste MG-Speicherfolie
- Fuji Film
- ✓ 2009 Nadelstrukturtechnologie
- Agfa, Carestream, Konica
- ✓ 2009 Erste Tomosynthese (3D)
- Hologic Dimensions
- ✓ 2010 Kontrastverstärkte Mammo
- CESH – GE Senobright
- ✓ 2015 CT Breast Scanner
- Koning, AB-CT
- ✓ 2018 Künstliche Intelligenz



Friedrich Semturs CCIV 2024

2

2

1

Neue Technologien Situation in Österreich

Mammografiesysteme – Entwicklung über die Jahre

Pilotprojekt MUW	JAHRE	FFM in %	FFDM-CR in %	FFDM-DR in %	Status der Installationen per 3Q2024														
	2008	41	41	18		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Institute</th> <th>FFDM</th> <th>DBT</th> <th>CEDM</th> <th>BCT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TOTAL</td> <td>232</td> <td>188</td> <td>21</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>BKFP</td> <td>174</td> <td>151</td> <td>15</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Institute	FFDM	DBT	CEDM	BCT	TOTAL	232	188	21	0	BKFP	174	151
Institute	FFDM	DBT	CEDM	BCT															
TOTAL	232	188	21	0															
BKFP	174	151	15	0															
Echtbetrieb AGES	2009	39	41	20	<p>→ Im BKFP haben bereits 87 % der Institute eine Tomosynthese in Verwendung.</p> <p>→ Seit 2023 ist im BKFP die DBT+syn2D statt FFDM erlaubt.</p>														
	2010	17	55	28															
	2011	12	52	36															
	2012	8	51	41															
	2013	0	48	52															
	2014	0	40	60															
	2015	0	33	67															
	2016	0	30	70															
	2017	0	17	83															
	2018	0	9	91															
	2019	0	3	97															
2021	0	2	98																
2023	0	0	100																

- Durchgehend stetiger Abfall von FFM – **kein FFM mehr ab 2013**
- Anstieg von FFDM-CR bis etwa 2010 - von FFM profitierend
- Abfall von FFDM-CR ab etwa 2011 – **kein FFDM-CR mehr ab 2023**
- Durchgehend stetiger Anstieg von FFDM-DR bis zu 100%

Friedrich Semturs CCIV 2024

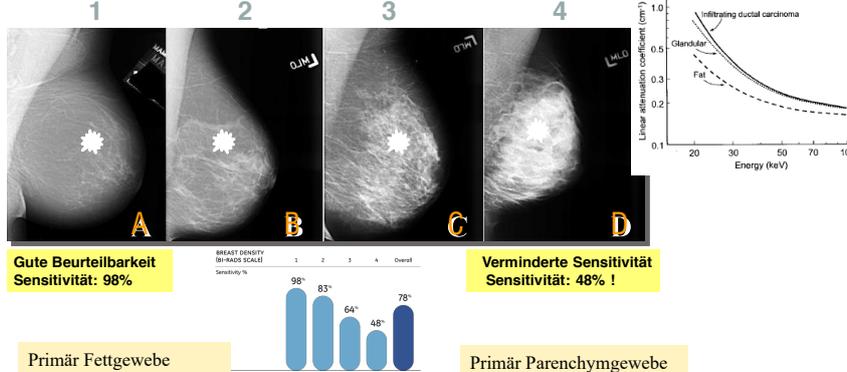
3

3

Warum Tomosynthese und CEM Mammagewebe Eigenschaften - 1

IAEA Handbook Radiology, 2014

„ACR-Komposition“

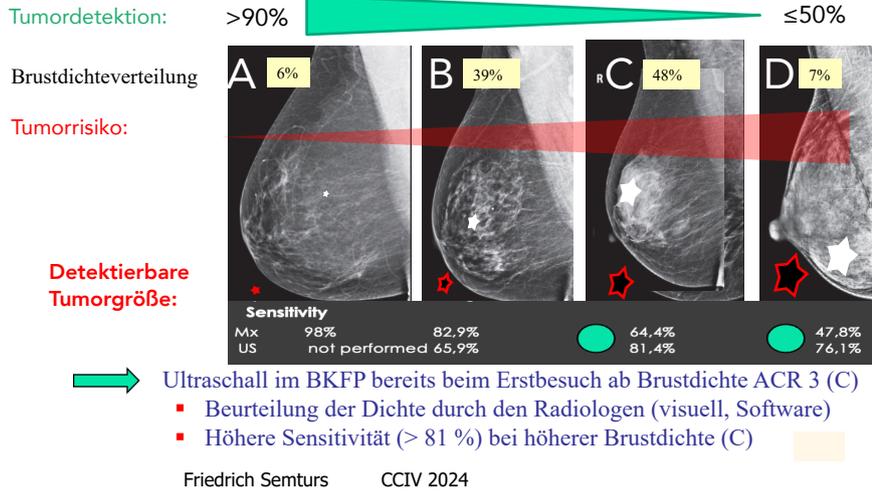


Friedrich Semturs CCIV 2024

4

4

Warum Tomosynthese und CEM Mammagewebe Eigenschaften - 3



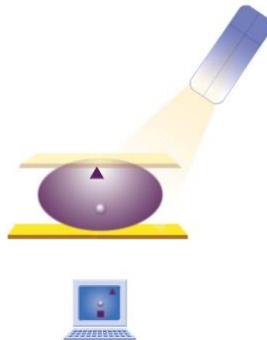
5

Digitale Breast Tomosynthesis (DBT) Prinzip



Röhre rotiert mit einem begrenzten Winkel über der komprimierten Brust.

Es sind dies Projektionen durch die Brust mit verschiedenen Winkeln.



Durch diese Projektionsbilder werden horizontale dünne Schichten durch die Brust rekonstruiert.

Abstand der Ebenen ist üblicherweise 1 mm.

6

Example for a DBT image sequence



Friedrich Semturs

CCIV 2024

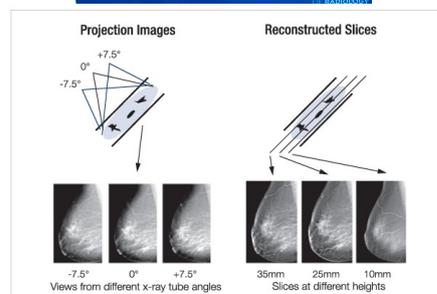
7

7

Digitale Breast Tomosynthesis (DBT)

Erfahrungsbericht - 1

- Serie von herstellerspezifischen Winkelaufnahmen - zwischen 15° und 50°
- Berechnung von horizontalen Ebenen in üblicherweise 1 mm Distanz, die zur Befundung herangezogen werden
- Berechnung der synthetischen 2D aus den DBT Bildern
- **Erhöhter Speicherbedarf** für DBT im Vergleich zu FFDM-2D \rightarrow 0,6 – 1,8 GB für die horizontalen Ebenen bei 60 mm Brust versus etwa 20 MB in FFDM-2D.
- **Erhöhter Dosisbedarf** für DBT, abhängig vom DBT System (von 100% bis 200%).
- **Erhöhte Befundungszeit** (bis zu 4:1).



Friedrich Semturs

CCIV 2024

8

8

Digital Breast Tomosynthesis (DBT)

Klinische Bildqualität als Gewinner - 1

Fortschritte in der klinischen Bildqualität durch DBT

Vortrag von Stefanie Weigel am DRK 2021 (Ergebnisse von Mostafa Alabousi – 12-2020)

Performance of Digital Breast Tomosynthesis, Synthetic Mammography, and Digital Mammography in Breast Cancer Screening: A Systematic Review and Meta-Analysis

Results: 42 reports (32 studies) on 2 606 296 patients (13 003 breast cancer cases) were included.

	Results per 1000 women				Conclusions:
	CDR (%)	iCDR (%)	RR (%)	PPV1 (%)	
DM	4.68	3.42	78.8	7.0	<ul style="list-style-type: none"> DBT+DM und DBT+SM sind in der Brustkrebsdetektion der DM überlegen DBT+SM reduziert den Recall und minimiert die Parenchymdosis
DBT+DM	6.36	4.53	64.6	10.0	
DBT+SM	7.40	5.68	42.3	16.0	
DBT	5.20	3.68	82.4	7.0	

Alabousi M et al. J Natl Cancer Inst. 2020 Dec 29;djaa205.

Strategische Befindungsrichtung

Friedrich Semturs CCIV 2024

9

9

Digitale Breast Tomosynthesis (DBT)

Klinische Bildqualität als Gewinner - 2

Deutsche Multizentrum und Multiersteller Studie (TOSYMA ab 2022)

Randomisiert kontrollierte Studie



Digital breast tomosynthesis plus synthesised mammography versus digital screening mammography for the detection of invasive breast cancer (TOSYMA): a multicentre, open-label, randomised, controlled, superiority trial

DBT+SM vs. DM: **Signifikant höhere Detektionsrate invasiver Karzinome (+48%)**
 7,1‰ (354/49.715) vs. 4,8‰ (240/49.762); p<0,001

Substantiell höhere Detektionsrate invasiver Karzinome bis 20 mm (+72%)

Lancet Oncol. 2022 May;23(5):601-611.

TOSYMA – T_OmoS_YntheseM_Ammographie

Friedrich Semturs CCIV 2024

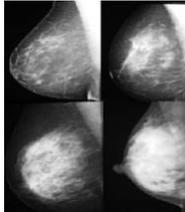
10

10

Contrast Enhanced Digital Mammography Prinzip

„Kontrastmittel MG“

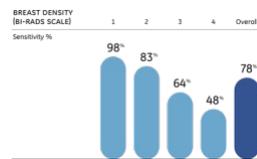
Kombination von FFDM mit jodorientierten Kontrastmittel (1- 1,5 ml/kg)



→ bessere Visualisierung von potentiell malignen Läsionen (Angiogenese)



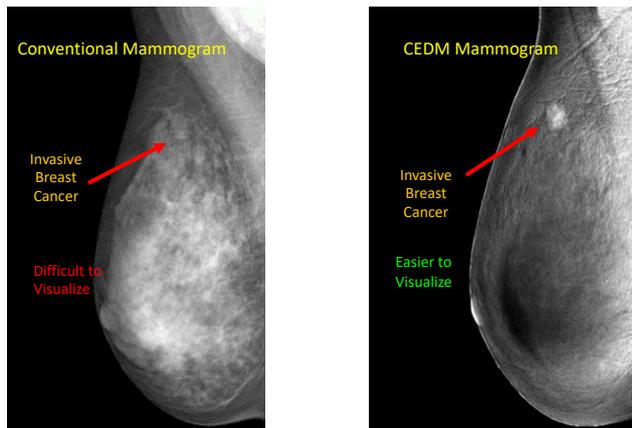
Sensitivität bei 2D-Mammo ist abhängig von Brustdichte
→ *bessere Diagnose in dichtem Brustgewebe durch Kontrastmittel*



Contrast Enhanced Digital Mammography Hauptpunkte

- Gleiches Ziel wie DBT – andere Technologie, vergleichbar mit Magnetresonanztomografie.
- Jodhaltiges Kontrastmittel wird verabreicht → potentielle Anreicherung im Tumor – verstärkte Darstellung durch zwei unterschiedliche MG-Aufnahmen (LE und HE), die rekombiniert werden
→ **Dual Energy Methode**
- Rekombiniertes Bild + LE-Bild werden zur Befundung vorgelegt.
- Diese Technologie wird zurzeit von vier Herstellern angeboten (GE-CESM, Hologic-CE2D, Siemens-TICEM und Fuji-CEDM).
- Noch Forschung: Kombination von DBT und CEM Technologien

Contrast Enhanced Digital Mammography Dual Energy Methode



Friedrich Semturs

CCIV 2024

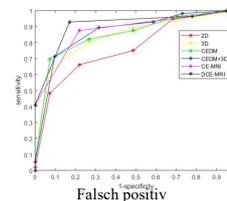
13

13

Neue Technologien in der Brustkrebsdiagnose Forschungsgebiete - 1

➤ Fokus auf Weiterentwicklung der vorgestellten Technologien

- Kombination von Technologien
z.B. Dual Energy-Tomo mit Kontrastmittel
- Verbesserte Rekonstruktionsalgorithmen
- Neue Röntgenröhrentechnologien
- Vermehrter Einsatz von KI als Assistent des Radiologen/Radiologin in der Befundung
- Erweiterte Einsatzgebiete von Technologien
z.B. VABABS-Projekt (Value Based Breast Screening in Vienna)
prospektive multizentrische Studie, untersucht Implementierung der CEM ins Screening, bei Frauen mit hoher Brustdichte (alternativ zur jetzigen MG + US)



Friedrich Semturs

CCIV 2024

14

14

Neue Technologien in der Brustkrebsdiagnose

Forschungsgebiete - 2

➤ Schwerpunkte für patientenorientierte Brustbildgebung

- Christian Doppler- Labor in der MUW – Eröffnung: 14. Oktober
- Leitung Prof. Pascal Baltzer – Institut für Radiologie und Nuklearmedizin
- **Mission:**
Technologische Innovationen zu entwickeln und anzuwenden, die eine Triple S („soft, safe, and smart“) Brustbildgebung etablieren.

<https://radiologie-nuklearmedizin.meduniwien.ac.at/ueber-uns/news/news/eroeffnung-des-cd-labors-fuer-patientenorientierte-brustbildgebung-an-unserer-klinik/>

Neue Technologien in der Brustkrebsdiagnose

Forschungsgebiete - 3

➤ Schwerpunkte im CD-Labor (Auszug):

- **Mammographie-basierte Bildgebung**
 - Entwicklung einer schmerzfreien Mammographietechnik mit geringer bis keiner Kompression, ohne Kompromisse bei der Bildqualität oder diagnostischen Effektivität eingehen zu müssen
 - Einsatz eines KI-gestütztes Modells zur Kontrastverbesserung bei der CEM
- **Brust-Magnetresonanztomographie (MRT)**
 - Einführung einer tragbaren Brustspule für eine komfortable Messung in Rückenlage
 - Geringere Kontrastmittelmenge und Entwicklung neuer Kontrastmittel
 - Vermehrter Einsatz der künstlichen Intelligenz.



Neue Technologie - CT Breast Scanner Prinzip und Hauptpunkte

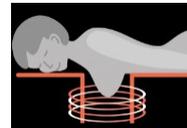
Röntgenstrahl Breast Scanner von AB-CT

- ✓ Prototyp wurde von Prof. Kalender (Erlangen) entwickelt
- ✓ 60 kV, 5-120 mA
- ✓ 7-12 sec pro Brust
- ✓ **Keine Kompression**
- ✓ Photon counting Technologie mit CdTe Detektor
- ✓ AGD ähnlich zu 2D Mammografie (CC+MLO)
- ✓ 100 µm Auflösung
- ✓ **360° Rotation** mit 2000 Expositionen

<https://www.ab-ct.com/>



Courtesy of Prof. Willi Kalender, PhD



Friedrich Semturs

CCIV 2024

17

17

Neue Technologie - CT Breast Scanner Erfahrung aus Deutschland mit AB-CT



Friedrich Semturs

CCIV 2024

18

18

KI - Deep Learning Anwendungen AI als Second Reader

Verbesserung der Spezifität

- AI als independent second reader
- **Verbesserung vor allem in Spezifität** gegenüber double human readout (71% versus 77%)
- Transpara (Screenpoint), Profound AI (iCAD) u.a. als geeignete Software

	Double Human Reading	Double Hybrid Reading	Difference
Sensitivity (%)	81.5 (75.8, 87.3)	81.4 (75.3, 87.2)	-0.1 (-4.1, 3.9)
Specificity (%)	100.0 (88.4, 111.5)	76.2 (73.2, 78.7)	+23.8 (4.0, 42.7)
			P=0.001

Ioannis Sechopoulos – ECR 2021

Reduktion der Befundungszeit

- Kristina Lang – Lancet Oncology 6-2023: *AI supported screen reading versus standard double reading in the Mammography screening with AI (MASAI project...)*
- AI als independent second reader
- **Interpretation** (Originaltext): AI supported screening resulted in a **similar cancer detection rate (CDR)** compared with standard double reading 6.1 versus 5.1), with a substantially **lower screen-reading workload (43%)**, indicating that the use of AI in screening is safe.
- Nächster Schritt Evaluierung des Unterschiedes in der Interval Cancer Rate.
→ March 2024 in Clinical Radiology: AI shows promise in detecting interval breast cancers.

Deep Learning am Beispiel Profound AI Radiologen im Vergleich zu KI

Zusammenfassende Ergebnisse

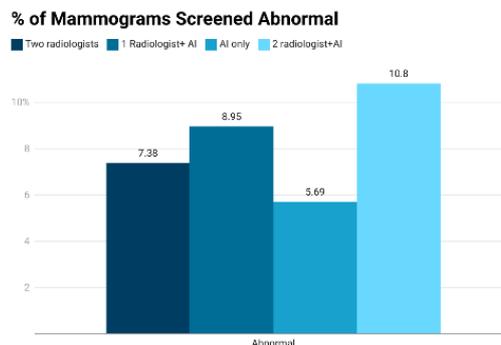


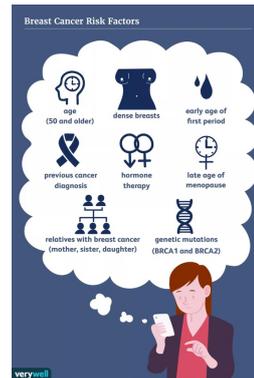
Chart: YLE • Source: NEJM • Created with Datawrapper

[https://www.thelancet.com/journals/landig/article/PIIS2589-7500\(23\)00153-X/fulltext?utm_source=substack&utm_medium=email](https://www.thelancet.com/journals/landig/article/PIIS2589-7500(23)00153-X/fulltext?utm_source=substack&utm_medium=email)

Deep Learning Anwendungen Personalisiertes Screening

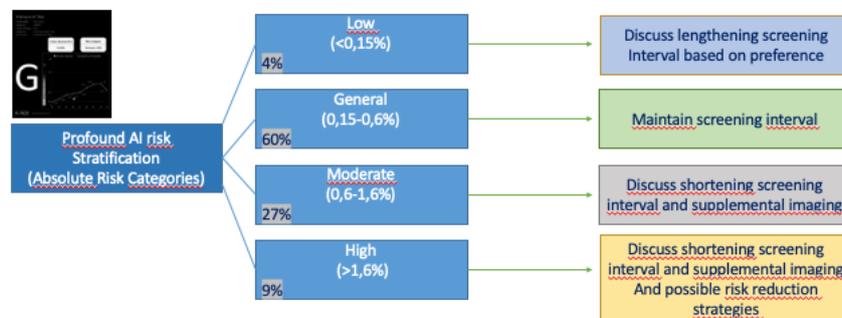
Lt. Profound-AI von iCAD:
Factors Used to Assess Breast Cancer Risk:

- Age (**strongest risk factor**)
- Lifestyle choices (e.g. smoking, BMI, sedentary)
- Personal or Family History (relatives, genetic history)
- Morphological features (dense breasts)
- Lifetime, 10 or 5-Year Risk Assessment Models:
 - Gail (aka BCRAT) and Tyrer Cuzick (aka IBIS)
 - Models includes questionnaires of age, lifestyle and family history
 - Density



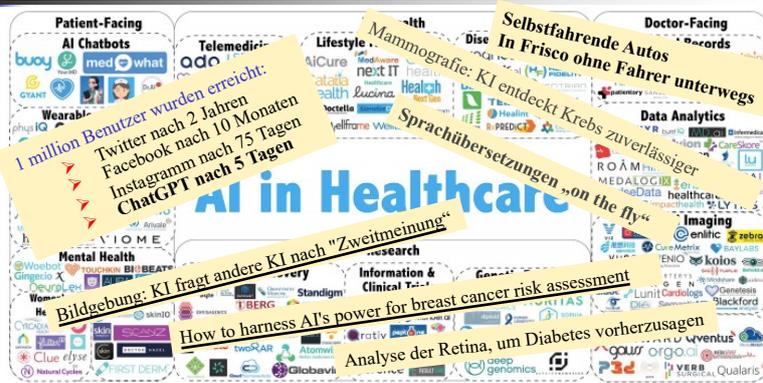
Deep Learning Anwendungen Personalisiertes Screening

Zukünftige Möglichkeit – Personalisiertes Screening



*Market dependent

Artificial Intelligence (AI) Textgeneratoren mit LLM Technologie



Medizin (Mammo, Lunge, Dermatologie, Augen,...) Auto, Spiele...

Friedrich Semturs

CCIV 2024

23

23

Large Language Model (LLM) Technologie Beispiele für Anwendungen in der Medizin

Allgemein: Dem Arzt wird ein wissender Assistent zur Seite gestellt.

- Aufgrund von Laborwerten – Erstellung und Erklärung einer Differentialdiagnose
- Übersetzung eines Fachbefundes in eine auch für Laien verständliche Sprache
- Aufnahmen eines Gespräches zwischen Arzt und Patient mit nachheriger Zusammenfassung durch LLM sowie Vorschlag, was Patient noch fragen könnte.
- Welche Information aus dem wahrscheinlich umfangreichen Patientenakt der Arzt wissen sollte, wenn der Patient zu ihm kommt.

Hallo Mensch; ich bin ein GPT-betriebener AI-Chatbot. Frag mich alles!

Bitte um Erklärung des Arztbefundes „Verdacht auf Carcinoma in situ“ in allgemein verständlicher Sprache.

Natürlich, ich helfe Ihnen gerne dabei, den Arztbefund "Verdacht auf Carcinoma in situ" zu erklären. "Carcinoma in situ" bezieht sich auf eine Vorstufe von Krebs, bei der sich abnormale Zellen in einem bestimmten Gewebereich entwickeln, jedoch noch nicht in umliegendes Gewebe eingedrungen sind. Es ist wichtig zu beachten, dass "Verdacht auf" bedeutet, dass der Arzt eine Vermutung hat, aber weitere Untersuchungen erforderlich sind, um eine definitive Diagnose zu stellen. Es ist ratsam, mit Ihrem Arzt über die nächsten Schritte und Behandlungsmöglichkeiten zu sprechen.

Friedrich Semturs

CCIV 2024

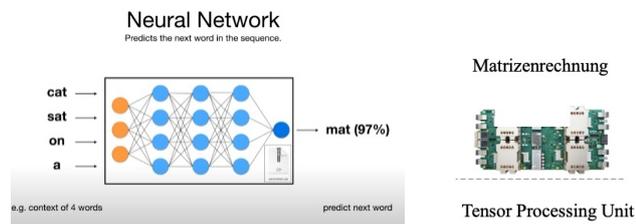
24

24

Large Language Model (LLM) Technologie

Wie funktioniert ein LLM ?

- Die Software (das LLM und Algorithmen) hat einen riesenhaften Datensatz zur Verfügung, der analysiert wird (etwa 100 Milliarden (!) Textstellen).
 - 100 Milliarden Sonnen in der Milchstrasse
 - 100 Milliarden Galaxien (Milchstrassen) im für uns sichtbaren Universum.
- Es werden die Abstände von sog. Token (Worten, Wortteilen,...) zueinander ermittelt und statistisch priorisiert → mehrdimensionale Matrizen mit Gewichtung der Token zueinander.



Friedrich Semturs CCIV 2024

25

25

Chip Wettstreit nicht nur in den USA



It "will mean a lot," for Saudi Arabia to have access to the chips, Habib said — in this case, the Nvidia H200s, the firm's most powerful chips.



NVIDIA Market Value Surpasses Amazon H100 Chip, GB200 Chip in 4Q2024

OpenAI will Billionen in Chip-Fabriken stecken

CEO Sam Altman selbst in Gesprächen mit Geldgebern aus den Vereinigten Arabischen Emiraten

Friedrich Semturs CCIV 2024

26

26

Neue Technologien in der Brustkrebsdiagnose



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Friedrich Semturs
friedrich@semturs.com

Friedrich Semturs CCIV 2024

27