



# UNIVERSITÄT KOPENHAGEN

## Kartierung von Baumökosystemen mithilfe von Grafikprozessoren

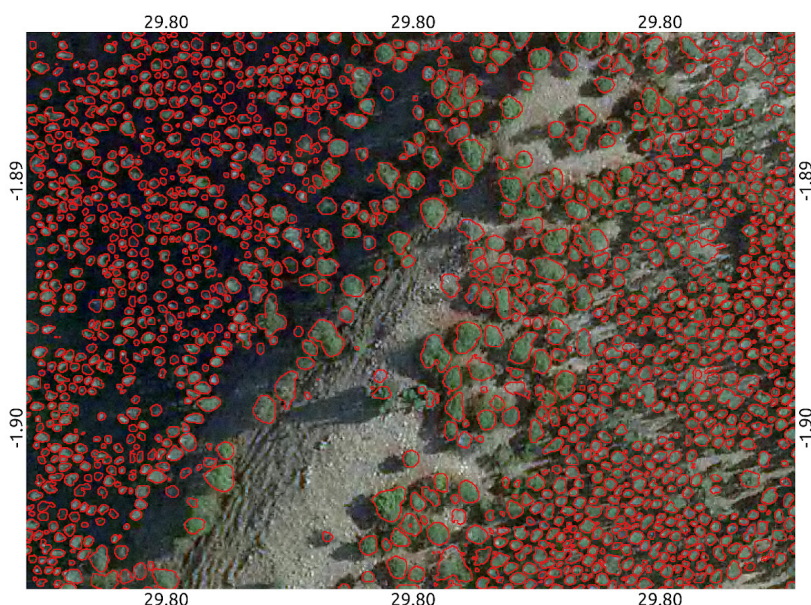
„Das für dieses Projekt entwickelte neuronale Netz erforderte den Einsatz von 32 Millionen trainierbaren Parametern. Durch die Verwendung von NVIDIA-Grafikprozessoren über einen CPU-Ansatz konnten wir das Training ungefähr um das 1.000-Fache beschleunigen. Auf diese Weise konnten wir das System mit großen Datenmengen trainieren und auswerten. Wir kennen das NVIDIA-Team gut und pflegen mit ihm eine enge Zusammenarbeit und erhalten dadurch wertvolle Unterstützung in Form von Support, Software und Dienstleistungen für unsere Forschungsprojekte.“

–**Michael Egesborg**, Service Delivery Manager,  
Universität Kopenhagen

Bäume leisten dem Ökosystem zahlreiche Dienste. Dazu zählt unter anderem die Speicherung von Kohlendioxid und Nahrungsquellen. Zudem spielen sie eine entscheidende Rolle bei der Förderung der Artenvielfalt von Flora, Fauna, Insekten und anderen Tieren.

Ein Großteil des öffentlichen Interesses an den Bäumen der Erde gilt allein den Wäldern, sodass Bäume, die außerhalb der Wälder wachsen, nicht gut dokumentiert sind. Einzelne Bäume sind in Trockengebieten, die etwa 40 Prozent der Landmasse der Erde bedecken, von besonderer Bedeutung, da es in diesen Regionen keine großen geschlossenen Waldgebiete gibt.

Die Universität Kopenhagen (UCPH) verwendet Deep-Learning-Modelle zur Überwachung von Eigenschaften von Ökosystemen auf globaler Ebene, z. B. der Anzahl von Bäumen, um deren Rolle bei der Eindämmung des Klimawandels, der Umweltzerstörung und der Armut zu untersuchen.



UNIVERSITY OF  
COPENHAGEN



Die Universität Kopenhagen nutzt NVIDIA-Grafikprozessoren zum Trainieren von Deep-Learning-Modellen zur Identifizierung von Bäumen außerhalb von Wäldern (trees outside of forests, TOF)

### FACHBEREICH

> Geowissenschaften

### HERAUSFORDERUNG

- > Der Baumbestand außerhalb von Wäldern ist nicht gut dokumentiert, spielt aber eine entscheidende Rolle in der Artenvielfalt.
- > Enorme Schwankungen im äußeren Erscheinungsbild von Bäumen und Sträuchern sowie der klimatischen Bedingungen

### ERGEBNISSE

- > Mithilfe von Satellitenbildern wurden in den westafrikanischen Trockengebieten 1,3 Millionen Quadratkilometer Fläche analysiert, wobei 1,8 Milliarden Bäume außerhalb eines herkömmlichen Waldgebietes kartiert wurden.
- > Die Verwendung von Grafikprozessoren lieferte etwa 1.000-mal schnellere Ergebnisse als ein CPU-Ansatz
- > In früheren Studien wurde eine Baumkronenabdeckung von 0 % prognostiziert, die UCPH ermittelte dagegen eine Abdeckung von 3 % und eine Baumdicke von 13,4 Bäumen pro Hektar
- > Dieser Ansatz wird die Art und Weise der Überwachung, der Modellierung und des Managements globaler Ökosysteme verändern.



## NVIDIA-Lösung

Anhand von hochauflösenden Satellitenbildern von 1,3 Millionen Quadratkilometern westafrikanischer Trockengebiete konnte die UCPH mithilfe von Deep-Learning-Modellen den Standort und die Größe von 1,8 Milliarden Bäumen und ihre jeweilige Baumkronenabdeckung kartieren.

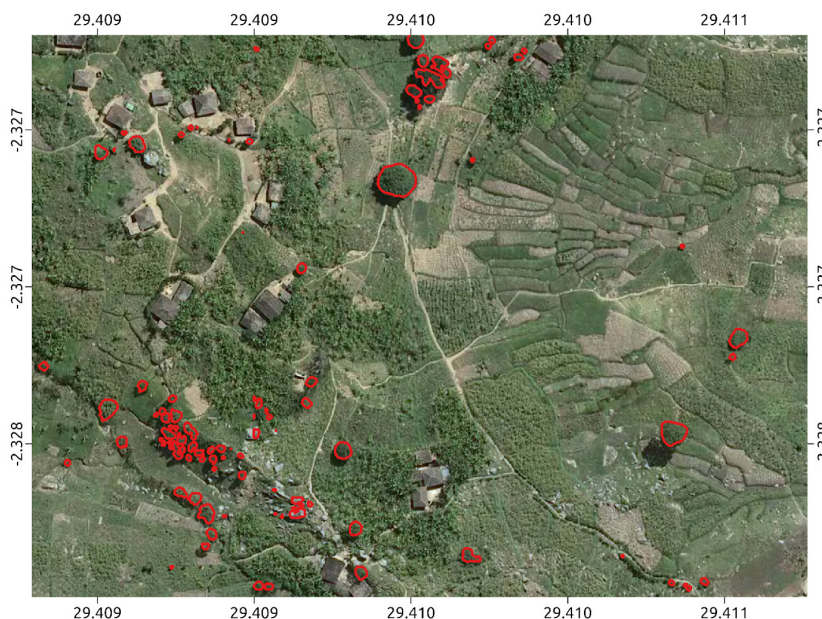
Die Identifizierung von Bäumen und Sträuchern in Trockengebieten kann aufgrund der starken Schwankungen ihres Aussehens und der klimatischen Bedingungen auf so großen Flächen besonders schwierig sein.

Für diese Aufgabe verwendeten die Forscher der UCPH orthorektifizierte, pangeschärfte Satellitenbilder, die das panchromatische Band und den normalisierten differenzierten Vegetationsindex (NDVI) enthalten. Die Bilder wurden während der Trockenzeit aufgenommen, um fotosynthetisch aktive Gehölze mit hohen NDVI-Werten zu erfassen.

Innerhalb des ausgewählten Gebiets markierten die Forscher der UCPH manuell 90.000 einzelne Bäume auf den Satellitenbildern, die eine Reihe von Umwelt- und Klimabedingungen entlang eines Nord-Süd-Gefälles abdecken.

Diese Daten wurden dann zum Trainieren eines Fully Convolutional Neural Networks verwendet. Um die Leistung zu bewerten, verglich UCPH die Ergebnisse mit den Daten aus Feldstudien, die in demselben Gebiet durchgeführt wurden, und stellte eine hohe Korrelation sowohl bei der Anzahl der Bäume als auch bei der gesamten Baumkronenabdeckung fest ( $r^2 = 0,89$ ).

Im Vergleich zur Verwendung einer CPU beschleunigten die in diesem Projekt eingesetzten NVIDIA-Grafikprozessoren das Training um einen Faktor von ca. 1.000. Die Grafikprozessoren waren für das Training des neuronalen Netzes, das mehr als 32 Millionen trainierbare Parameter enthielt, unerlässlich. Diese erhebliche Zeitersparnis bedeutete, dass die Forscher die Hyperparameter des Modells so einstellen konnten, dass sie die gleiche Leistung erzielten wie in den Feldstudien.



## Ergebnisse

Das System der UCPH lieferte die erste genaue Messung einzelner Bäume in der westafrikanischen Sahara und der Sahelzone. Es wurde festgestellt, dass die Anzahl der Bäume – aber nicht unbedingt der Kohlenstoffbestand (die Menge an Kohlenstoff, die aus der Atmosphäre aufgenommen wurde und nun im Waldökosystem gespeichert wird) – höher ist als erwartet.

Anhand dieser Informationen konnte die UCPH die Auswirkungen verschiedener Faktoren wie die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge, die Bodenart, die Landnutzung und die Nähe zu menschlichen Siedlungen auf die Verteilung der einzeln stehenden Bäume untersuchen.

Frühere Studien hatten für den Großteil dieses Gebiets eine Baumkronenabdeckung von 0 % prognostiziert. Die UCPH stellte jedoch fest, dass die Baumdichte und die Baumkronenabdeckung je nach Niederschlagsmenge allmählich zunehmen.

### EINGESETZTE NVIDIA-TECHNOLOGIE

- > NVIDIA® DGX™ A100 PCI  
– und HGX-Karten
- > NVIDIA RTX™ 8000

## BAUMDICHTENACH NIEDERSCHLAGSMENGE

HYPER-ARIDE GEBIETE (< 150 mm Niederschlag)	ARIDE GEBIETE (150–300 mm Niederschlag)	SEMI-ARIDE GEBIETE (300–600 mm Niederschlag)	SUB-HUMIDE GEBIETE (600–1000 mm Niederschlag)
<b>0,7</b> Bäume pro Hektar	<b>9,9</b> Bäume pro Hektar	<b>30,1</b> Bäume pro Hektar	<b>47</b> Bäume pro Hektar

Die Analyse der UCPH wird nun erweitert, um einzeln stehende Bäume in großen Teilen der Welt zu kartieren und die Kohlenstoffspeicher für die gesamte Sahara, die Sahelzone und die sudanesischen Zonen Afrikas vorherzusagen. Dieser Ansatz wird zweifellos zu grundlegenden Veränderungen bei der Überwachung, Modellierung und dem Management globaler terrestrischer Ökosysteme führen.

### Über die Universität Kopenhagen [www.ai.ku.dk](http://www.ai.ku.dk)

Die Universität Kopenhagen (UCPH) wurde 1479 gegründet und zählt heute 37.500 Studenten und 9.000 Mitarbeiter. Die Universität genießt hohes Ansehen: Neun Nobelpreise und ein Turing Award wurden an Forscher der UCPH verliehen. Die an diesem Projekt beteiligten Abteilungen arbeiten im SCIENCE AI Centre zusammen, das die Spitzenforschung im Bereich der Künstlichen Intelligenz an der naturwissenschaftlichen Fakultät der UCPH fördert. Dabei liegt der Schwerpunkt auf interdisziplinären Kooperationen.



Brandt, M., Tucker, C.J., Kariryaa, A. et al.

An unexpectedly large count of trees in the West African Sahara and Sahel.  
**Nature 587, 78–82 (2020).**

### Weitere Informationen

Entdecken Sie NVIDIA-Lösungen für **Hochschulen und Forschung**.

© 2022 NVIDIA Corporation. Alle Rechte vorbehalten. NVIDIA, das NVIDIA-Logo, NVIDIA DGX™ und NVIDIA RTX™ sind Marken bzw. eingetragene Marken der NVIDIA Corporation in den USA und in anderen Ländern. Alle anderen Marken und Urheberrechte sind das Eigentum der jeweiligen Rechteinhaber. Jan22

