

# Sachbericht zum Verwendungsnachweis **2025**

## Vorhabenbezeichnung:

**AutoQML – Developer-Suite für automatisiertes maschinelles Lernen mit Quantencomputern**

**AutoQML**

Gefördert durch das BMWK

Zuwendungsempfänger: IAV GmbH Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr Carnotstr. 1 10587 Berlin	Förderkennzeichen: 01MQ22002A
Ausführende Stelle: Entwicklungszentrum Gifhorn Rockwellstraße 16 38518 Gifhorn	
Titel des Teilvorhabens (sofern zutreffend): IAV GmbH Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr: Einsatz hybrider Methoden zur Nutzung von Quantencomputing bei der Erstellung digitaler Zwillinge von Antriebssträngen	
Projektleitung: Dr. Peter Schichtel	
Laufzeit des Vorhabens: von: 01.01.2022 bis: 31.12.2024	
Berichtszeitraum: von: 01.01.2022 bis: 31.12.2024	Datum: 23.04.2025

## **1. Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen, z.B. des Förderprogramms (ggf. unter Angabe des Schwerpunkts),- soweit dies möglich ist**

Das Ergebnis des Vorhabens trägt wesentlich zur Erreichung der förderpolitischen Ziele bei, indem es die Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit der beteiligten Unternehmen stärkt. Das AutoQML-Framework ermöglicht die Nutzung von Quantum Machine Learning (QML) Algorithmen ohne tiefgehende Expertise, was die Effizienz von Prozessen und die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle fördert.

## **2. Wissenschaftlich-technische Ergebnis des Vorhabens, die erreichten Nebenergebnisse und die gesammelten wesentlichen Erfahrungen,**

IAV startete das AutoQML-Projekt mit dem Use-Case „Erlernen von Differentialgleichungen (DGLs) für Reifenmodelle im Digitalen Zwilling“. Der Digitale Zwilling ist ein bedeutendes virtuelles Engineering-Instrument, das eine effiziente Planung und Entwicklung auch in komplexen Projekten ermöglicht. Im Automobilbereich ist ein zentraler Aspekt dabei die Modellierung des Reifenverhaltens. Hierbei gibt es verschiedene Komplexitätsstufen, die durch die Anzahl der Reifen, die Anzahl der betrachteten räumlichen Dimensionen sowie die möglichen Scherkräfte bestimmt werden.

Der ursprüngliche Use-Case „Erlernen von DGLs“ erwies sich als sehr anspruchsvoll für Quantencomputing. Dabei traten zwei wesentliche Herausforderungen auf:

- Wie können DGLs modelliert werden?
- Welche Komplexitätsstufe lässt sich auf einem Quantencomputer realisieren?

Detaillierte Untersuchungen zusammen mit den Kollaborationspartnern zeigten, dass selbst im einfachsten Fall die Dimensionalität des Use-Cases nicht auf einem QC-System der aktuellen Generation realisierbar ist.

Daher wurde der Use-Case angepasst, wobei die geplanten Entwicklungsziele weiterhin vollumfänglich erreicht werden. Ein neuer Anwendungsfall wurde definiert, der sowohl den für IAV wichtigen Zeitreihencharakter aufweist als auch eine Steuerung der Dimensionalität ermöglicht. Dafür werden zwei Datensätze verwendet:

- „Internet Traffic Data“ für die Zeitreihenvorhersage
- „AnoReg“ für die Zeitreihenregression

Hier ist es möglich, die Dimensionalität beliebig zu steuern und gleichzeitig vergleich- und verwertbare Ergebnisse zu erzielen. Somit wird eine Umsetzung auf dem QC ermöglicht und die Integration in den industriellen Alltag sichergestellt.

Gleichzeitig wurde dieser Use-Case mittels AutoML-Techniken erforscht. Es wurde analysiert, wie die Auswahl des Frameworks unsere ML-Pipeline beeinflusst und wie die Hyperparameter-Optimierung (HPO) von QC-Techniken profitieren kann. Ein Fokus lag ebenfalls auf dem Data-Preprocessing. In der AutoML-Pipeline ist dieser Use-Case so angesiedelt, dass vor allem die Low-Level-Frameworks wie optuna und ray bevorzugt werden.

Der neue Anwendungsfall „Forecasting on Internet Traffic Data“ hat sich als nützlich erwiesen. Sowohl mit dem AutoML-Framework Ray als auch mit einem Quantenneuronales Netzwerk (QNN) Ansatz konnten zufriedenstellende datengesteuerte Modelle erstellt werden. Diese Fortschritte ermutigten uns, einen komplexeren Anwendungsfall aus der Use-Case-Klasse Forecasting zu bearbeiten: „Forecasting on Filling“. Hierbei handelt es sich um einen komplexeren Datensatz als bei „Internet Traffic“, der direkt aus dem Automobilbereich stammt. Die gewonnenen Erkenntnisse und Methoden konnten gut auf unseren automobilen Anwendungsfall übertragen werden. Dies gilt sowohl für die klassische ML-Pipeline als auch den QNN-Ansatz.

## **3. Fortschreibung des Verwertungsplans.**

### **a. Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen und erteilte Schutzrechte**

Nicht zutreffend

### **b. Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont) –**

Akquise in technologischen Projekten ab Mitte 2024

### c. **Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont)**

Höherer Automatisierungsgrad in IAV ML Pipelines 2025 – 2026

### d. **Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine mögliche notwendige nächste Phase bzw. die nächsten innovatorischen Schritte zur erfolgreichen Umsetzung der Ergebnisse**

Skalierung und Dimensionalität: Die im Projekt genutzten Quantum Computing Ressourcen und Anwendungsfälle, decken noch nicht die im industriellen Alltag nötige Komplexität und Größe ab. Während die technologischen und wissenschaftlichen Ergebnisse gut sind, ist noch nicht klar welchen dauerhaften Mehrwert AutoQML im Data Science Alltag der Automobilindustrie bereitstellen kann. Dies erfordert die Skalierung der Computing Ressourcen sowie der Problemdimensionalität. Die gelieferten Projektergebnisse Weisen auf einen zu erwartenden Erfolg hin, bleiben den nötigen Nachweis jedoch natürlich schuldig. Hier ist ein Folgeprojekt dringend geraten, da eine solche Skalierung auch wieder wissenschaftliche und algorithmische Herausforderungen mit sich bringt.

#### **Aktualisierter Verwertungsplan:**

<b>Lfd. Nr.</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Zeithorizont</b>
1	Akquise	ab Mitte 2024
2	Höhere Automatisierung	2025 - 2026

### **4. Angaben zu Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben**

Ursprünglicher Use-case: Der ursprüngliche Use-case ist nicht weiterbearbeitet worden, da die Dimensionalität nicht beherrschbar war. Daher war es nicht möglich einen Digitalen Zwilling für die Reifenmodellierung mit Quantenmodellen zu erstellen. Stattdessen wurde eine Zeitreihenvorhersage für eine wichtige Observable im Antriebstrang mit quanten-neuronalen Netzen modelliert. Auf den generellen Pipelineaufbau und das zur Verfügungstellen der Quantentechnologie innerhalb von IAV hat dieses Vorgehen keinen Einfluss. Welche Probleme aber tatsächlich für Kunden modelliert werden können, ist durch das grundsätzliche Problem der Dimensionalität bis auf weiteres beschränkt.

### **5. Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer**

Webpage: <https://www.autoqml.ai/>  
Gitlab/Kubeflow Workflows

### **6. Angaben über die Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung**

Keine Veränderung zum Antragsstand.