

Seminararbeit

zur Erlangung des Grades
Bachelor of Science (B. Sc.) in Informatik

Technologien und Herausforderungen in Drohnenshows:

Optimierung und Effizienzsteigerung

erstellt von **Anzila Wahyuasmoro**

Anzila Wahyuasmoro

anzila.wahyuasmoro@tha.de

Matrikelnummer:
2125752

**Technische Hochschule
Augsburg**

An der Hochschule 1
D-86161 Augsburg
T +49 821 5586-0
F +49 821 5586-3222
www.tha.de
info@tha.de

Erstprüfer	Prof. Dr. rer. nat. Constantin Wanninger
Themenvergabe am	23. November 2024
Eingereicht am	20. Januar 2025
Geheimhaltungsvereinbarung	Nein

Inhaltsverzeichnis

1.	Abstract	2
2.	Einleitung	3
3.	Verwandte Arbeiten	4
	3.1 Grundlagen und Definition	4
	3.2 Literaturübersicht	4
4.	Methodik	5
	4.1 Visual Hull: Funktionalität und Implementierung	5-6
	4.2 Multi-View-Strukturen: Perspektivoptimierung	7
	4.3 Energieeffizienz und Algorithmen	7
5.	Ergebnisse	8
	5.1 Effizienzsteigerung durch Visual Hull	8
	5.2 Optimierung der Zuschauerperspektiven	8
	5.3 Energieeinsparungen und Nachhaltigkeit	9
	5.4 Herausforderungen und Grenzen	9
	5.5 Diskussion der Ergebnisse	9
6.	Ausblick	10
7.	Fazit	11
8.	Abbildungs- & Literaturverzeichnis	12

1 Abstract

Drohnenshows haben sich in den letzten Jahren dank innovativer technologischer Fortschritte rasant entwickelt und gelten heute als eine innovative Form der Unterhaltung. Ihre Popularität beruht auf ihrer Fähigkeit, visuell und kreativ beeindruckende Produktionen zu schaffen, die häufig traditionelle Lichtshows und Feuerwerke ersetzen. Gleichzeitig stehen diese Shows vor bedeutenden Herausforderungen, wie einem hohen Energieverbrauch, der sicheren Synchronisation hunderter Drohnen und der Optimierung komplexer Formationen. Schlüsseltechnologien wie Visual Hull und Multi-View-Strukturen ermöglichen es, diese Herausforderungen zu bewältigen. Visual Hull reduziert die benötigte Anzahl an Drohnen erheblich, indem es 2D-Silhouetten kombiniert, während Multi-View-Strukturen effizient unterschiedliche Zuschauerperspektiven berücksichtigen. Darüber hinaus gewinnen innovative Algorithmen zur Energieeinsparung und Flugsicherheit zunehmend an Bedeutung, um nachhaltige und effiziente Drohnenshows zu realisieren. Diese Arbeit untersucht diese Schlüsseltechnologien, analysiert Optimierungsansätze und identifiziert praktische Anwendungen, um die Zukunft von Drohnenshows nachhaltiger und innovativer zu gestalten.

2 Einleitung

Drohnenshows haben sich zu einer modernen Unterhaltungsform entwickelt, die fortschrittliche Technologie mit kreativer Kunst verbindet. Ihre Popularität nimmt stetig zu, da sie beeindruckende visuelle Effekte ermöglichen und gleichzeitig die Flexibilität bieten, komplexe Formationen zu gestalten. Dies macht Drohnenshows nicht nur für große Veranstaltungen wie Eröffnungszeremonien oder Musikfestivals attraktiv, sondern auch für Werbe- und kommerzielle Zwecke.

Dennoch stehen Drohnenshows vor einer Reihe von Herausforderungen, die ihre Effizienz und Qualität beeinflussen. Ein zentrales Problem ist die Energieeffizienz, da Drohnen über eine begrenzte Batteriekapazität verfügen und der Energieverbrauch insbesondere bei groß angelegten Shows eine entscheidende Rolle spielt. Kim et al. (2021) zeigen, dass Algorithmen wie der Ungarische Algorithmus den Energieverbrauch optimieren können, indem sie Flugbahnen und Formationen dynamisch anpassen. Ein weiterer technischer Schwerpunkt liegt auf der Verwendung der Visual-Hull-Technologie. Visual Hull ermöglicht es, 2D-Silhouetten aus verschiedenen Perspektiven zu kombinieren, um ein präzises 3D-Volumen zu erzeugen. Diese Methode reduziert die Anzahl der benötigten Drohnen erheblich, ohne die visuelle Qualität zu beeinträchtigen (Li et al., 2023). Zudem bietet sie eine effiziente Möglichkeit, Kollisionen zu vermeiden, indem unnötige Bewegungen eingeschränkt werden (Carsten et al., 2003). Neben Visual Hull spielen Multi-View-Strukturen eine entscheidende Rolle. Diese Technologie optimiert die Sichtfelder für verschiedene Zuschauergruppen und ermöglicht es, mehrere Perspektiven gleichzeitig zu bedienen. Weng et al. (2023) betonen, dass Multi-View-Strukturen den Drohneneinsatz um bis zu 30 % reduzieren können, indem die Positionierung der Drohnen gezielt auf die wichtigsten Sichtfelder ausgerichtet wird. Darüber hinaus eröffnen moderne Ansätze, wie die Kombination von Visual-Hull-Methoden mit maschinellem Lernen, neue Möglichkeiten zur weiteren Verbesserung der Qualität und Effizienz von Drohnenshows. Monasse und El Helou (2024) diskutieren, wie Visual Hull in Kombination mit Neural Radiance Fields (NeRF) eingesetzt werden kann, um Punktabfragen während des Trainings zu reduzieren, was die Echtzeitfähigkeiten dieser Technologie verbessert.

Diese Arbeit untersucht grundlegende Technologien, Optimierungsansätze und praktische Anwendungen von Drohnenshows. Ziel ist es, Herausforderungen wie Energieeffizienz, Flugsicherheit und die Synchronisation komplexer Formationen zu analysieren und zukunftsorientierte Lösungen zu identifizieren. Der Fokus liegt auf den Schlüsseltechnologien Visual Hull und Multi-View-Strukturen sowie deren Potenzial, Drohnenshows nachhaltiger und innovativer zu gestalten.

3 Verwandte Arbeiten

3.1 Grundlagen und Definitionen

Die Technologien Visual Hull und Multi-View-Strukturen bilden die Grundlage vieler Optimierungsansätze in Drohnenshows. Visual Hull ermöglicht die Kombination von 2D-Silhouetten aus verschiedenen Perspektiven, um ein präzises 3D-Volumen zu erstellen (Li et al., 2023). Diese Methode reduziert nicht nur die Anzahl der benötigten Drohnen, sondern minimiert auch unnötige Bewegungen, wodurch der Energieverbrauch gesenkt und die Flugsicherheit erhöht wird (Carsten et al., 2003). Multi-View-Strukturen hingegen optimieren die Platzierung der Drohnen, um gleichzeitig unterschiedliche Zuschauerperspektiven zu bedienen. Studien wie die von Weng et al. (2023) zeigen, dass diese Technologie den Drohneneinsatz um bis zu 30 % reduzieren kann, ohne die visuelle Qualität der Show zu beeinträchtigen.

3.2 Literaturübersicht

Verschiedene Studien haben sich mit der Optimierung von Drohnenshows befasst. Kim et al. (2021) stellen Algorithmen wie den Ungarischen Algorithmus vor, der den Energieverbrauch durch die Optimierung der Flugbahnen reduziert. Darüber hinaus wurden Echtzeit-Kollisionsvermeidungsalgorithmen entwickelt, um Flugbahnen der Drohnen zu analysieren und anzupassen, um Sicherheit und Effizienz zu gewährleisten. Li et al. (2023) betonen, dass Visual Hull die Anzahl der Drohnen in Simulationen um bis zu 40 % reduzieren kann. Gleichzeitig heben Liu et al. (2018) hervor, dass die Kombination von Visual Hull mit Multi-View-Stereo-Methoden die visuelle Qualität von 3D-Rekonstruktionen erheblich verbessert. Monasse und El Helou (2024) erweitern diesen Ansatz, indem sie Visual Hull mit Neural Radiance Fields (NeRF) kombinieren, um die Echtzeitfähigkeit und den Trainingsprozess weiter zu optimieren. Auch der Energieverbrauch bleibt ein zentrales Forschungsgebiet. Kim et al. (2017) diskutieren die Herausforderungen und Möglichkeiten energieeffizienter Flugformationen in Drohnenshows. Sie zeigen, dass innovative Algorithmen wie der Ungarische Algorithmus oder Punktpaar-Methoden den Energieverbrauch um bis zu 25 % senken können. Insgesamt zeigt diese Forschung, dass Visual Hull und Multi-View-Strukturen entscheidend für die Steigerung der Effizienz und Qualität von Drohnenshows sind. Dennoch bleiben Herausforderungen wie die Integration dieser Technologien in Echtzeit und ihre Anwendung unter realen Bedingungen ein aktives Forschungsfeld.

4 Methodik

4.1 Visual Hull: Funktionalität und Implementierung

Visual Hull ist eine Schlüsseltechnologie zur Steigerung der Effizienz in Drohnenshows. Diese Methode kombiniert 2D-Silhouetten aus verschiedenen Perspektiven, um ein präzises 3D-Volumen zu erzeugen. Li et al. (2023) betonen, dass die Reduzierung überflüssiger Drohnen nicht nur den Energieverbrauch erheblich senkt, sondern auch die Wahrscheinlichkeit von Kollisionen verringert. Die grundlegende Funktion von Visual Hull basiert auf der geometrischen Kombination der Umrisse (Schattenbilder) eines Objekts aus mehreren Kameraperspektiven. Die daraus resultierende Projektion stellt den sichtbaren Bereich des Objekts im 3D-Raum dar. Wie in Abb. 1 gezeigt, werden Drohnen so positioniert, dass sie aus unterschiedlichen Perspektiven optimal sichtbar sind. Dies ermöglicht die Rekonstruktion der gewünschten Form und reduziert unnötige Bewegungen der Drohnen.

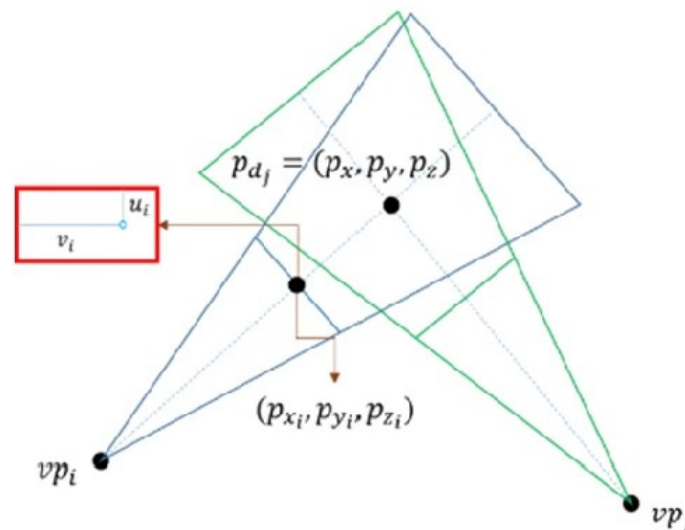


Abb. 1: Acquiring drone candidate and projected positions from different viewing positions (Quelle: Li et al., 2023)

Li et al. (2023) zeigen in Simulationen, dass Visual Hull die Anzahl der benötigten Drohnen um bis zu 40 % reduzieren kann, ohne die visuelle Qualität zu beeinträchtigen. Monasse und El Helou (2024) erweitern diesen Ansatz, indem sie Visual Hull mit maschinellem Lernen kombinieren. Durch die Integration von Neural Radiance Fields (NeRF) wird der Rechenaufwand für Punktabfragen während der Planung erheblich reduziert, was die Echtzeit-Steuerungsfähigkeit der Drohnen verbessert.

Li et al. (2023) zeigen in Simulationen, dass Visual Hull die Anzahl der benötigten Drohnen um bis zu 40 % reduzieren kann, ohne die visuelle Qualität zu beeinträchtigen. Monasse und El Helou (2024) erweitern diesen Ansatz, indem sie Visual Hull mit maschinellem Lernen kombinieren. Durch die Integration von Neural Radiance Fields (NeRF) wird der Rechenaufwand für Punktabfragen während der Planung erheblich reduziert, was die Echtzeit-Steuerungsfähigkeit der Drohnen verbessert.

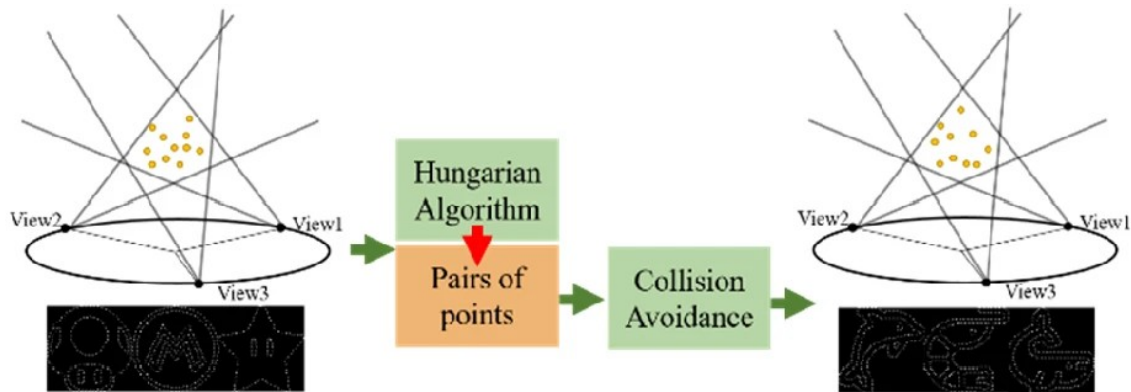


Abb. 2: Energy-efficient formations in drone shows (Quelle: Li et al., 2023)

Ein weiteres Beispiel ist der von Carsten et al. (2003) entwickelte Kollisionsvermeidungsalgorithmus, der Flugbahnen in Echtzeit analysiert und anpasst. Wie in Abb. 2 gezeigt, ermöglicht dieser Algorithmus eine dynamische Steuerung der Drohnen, um Kollisionen zu verhindern, ohne die Formation zu stören. Diese Echtzeitoptimierung ist besonders wichtig für Shows mit Hunderten von Drohnen, da sie die Zuverlässigkeit erheblich steigern kann. Weng et al. (2023) zeigen, dass die Kombination von Multi-View-Strukturen und energieoptimierten Algorithmen eine Effizienzsteigerung von bis zu 25 % bewirkt. Wie in Abb. 2 zu sehen ist, spart die präzise Kontrolle der Flugformationen nicht nur Energie, sondern verlängert auch die Batterielaufzeit der Drohnen. Darüber hinaus betonen Monasse und El Helou (2024), dass maschinelles Lernen zur adaptiven Optimierung von Flugbahnen eingesetzt werden kann. Ein neuronales Netzwerk analysiert die Position und den Energiezustand der Drohnen und schlägt optimale Flugrouten vor. Diese Methodik kann die Effizienz weiter steigern und ermöglicht es, Drohnenshows langfristig nachhaltiger zu gestalten. Die praktische Umsetzung solcher Algorithmen erfordert jedoch eine sorgfältige Planung und intensive Tests. Weng et al. (2023) zeigen, dass Simulationen, wie in Abb. 2 dargestellt, ein unverzichtbares Werkzeug zur Validierung von Algorithmen sind. Durch die präzise Analyse der Flugbahnen in einer Simulationsumgebung können potenzielle Probleme frühzeitig identifiziert und behoben werden.

4.2 Multi-View-Strukturen: Perspektivoptimierung

Die Multi-View-Struktur-Technologie zielt darauf ab, mehrere Perspektiven gleichzeitig darzustellen. Dies ist besonders relevant für große Veranstaltungen, bei denen das Publikum die Show aus unterschiedlichen Blickwinkeln betrachtet. Weng et al. (2023) zeigen, dass Multi-View-Strukturen eine gezielte Platzierung der Drohnen ermöglichen, wodurch die Sichtfelder für verschiedene Zuschauergruppen optimiert werden können. Wie in Li et al. (2023) beschrieben, wird bei der Anwendung von Multi-View-Strukturen zunächst die gewünschte Zuschauerperspektive festgelegt. Der Drohneneinsatz wird anschließend durch die Optimierung der Sichtbereiche minimiert. Abb. 1 veranschaulicht, wie verschiedene Blickwinkel berücksichtigt werden, um ein harmonisches Gesamtergebnis zu erzielen. Die Kombination von Multi-View-Strukturen mit Visual Hull ermöglicht einen effizienteren Einsatz von Drohnen und verbessert die Synchronisation zwischen verschiedenen Formationen. Monasse und El Helou (2024) schlagen vor, maschinelles Lernen zu nutzen, um die optimale Platzierung und Bewegung der Drohnen in Echtzeit zu berechnen, was die Gesamtqualität der Show weiter steigert.

4.3 Energieeffizienz und Algorithmen

Der Energieverbrauch ist eine der größten Herausforderungen bei der Durchführung von Drohnenshows. Aufgrund der begrenzten Batteriekapazität von Drohnen ist es entscheidend, Flugbahnen und Formationen zu optimieren, um die Energieeffizienz zu maximieren. Verschiedene Algorithmen helfen dabei, dieses Ziel zu erreichen, indem sie Bewegungen minimieren, Kollisionen verhindern und eine präzise Synchronisation sicherstellen. Kim et al. (2021) präsentieren den Ungarischen Algorithmus, der eine effiziente Zuweisung von Drohnen zu ihren optimalen Positionen ermöglicht. Dies reduziert den Energieverbrauch, indem unnötige Bewegungen minimiert werden. Darüber hinaus wird die Punktpaar-Methode verwendet, um die Flugbahnen zwischen Start- und Zielpunkten zu optimieren. Dieser Algorithmus ist besonders hilfreich für große Formationen, da er die Bewegungen der Drohnen präzise koordiniert.

5 Ergebnisse und Diskussion

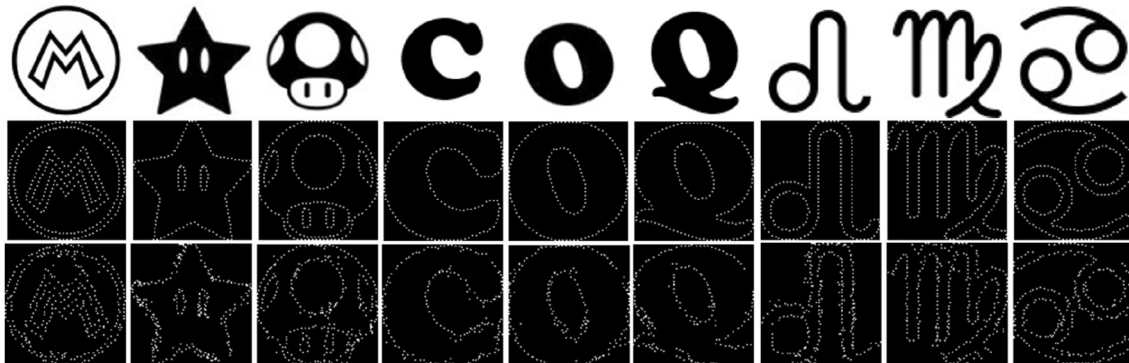


Abb. 3: Effectiveness of Visual Hull in drone reduction (Quelle: Li et al., 2023)

5.1 Effizienzsteigerung durch Visual Hull

Die Ergebnisse der Forschung zeigen, dass der Einsatz der Visual-Hull-Technologie die Effizienz von Drohnenshows erheblich steigern kann. Wie in Abb. 3 dargestellt, ermöglicht Visual Hull eine Reduzierung der benötigten Drohnen, indem nur die für die visuelle Darstellung notwendigen Silhouettenbereiche genutzt werden. Dies verringert nicht nur die Betriebskosten, sondern auch die Komplexität der Flugsteuerung. Li et al. (2023) berichten, dass Visual Hull in Simulationen eine Reduzierung der Drohnenanzahl um bis zu 40 % ermöglicht. Monasse und El Helou (2024) erweitern diesen Ansatz durch die Integration von Neural Radiance Fields (NeRF), wodurch die Echtzeitfähigkeit verbessert wird. Dies ist besonders vorteilhaft für Shows, die schnelle Anpassungen an unvorhergesehene Änderungen erfordern.

5.2 Optimierung der Zuschauerperspektiven

Die Ergebnisse zeigen, dass Multi-View-Strukturen eine effektive Optimierung der Zuschauerperspektiven ermöglichen. Wie in Abb. 3 veranschaulicht, wird die Positionierung der Drohnen so angepasst, dass unterschiedliche Blickwinkel gleichzeitig dargestellt werden können. Dies gewährleistet ein konsistentes visuelles Erlebnis für das Publikum, unabhängig von dessen Standort. Weng et al. (2023) zeigen, dass Multi-View-Strukturen den Drohneneinsatz um bis zu 30 % reduzieren können, ohne die Qualität der Show zu beeinträchtigen. Darüber hinaus bietet die Kombination von Multi-View-Strukturen mit Visual Hull zusätzliche Vorteile. Die gezielte Platzierung von Drohnen entlang der Hauptsichtfelder minimiert unnötige Bewegungen, was wiederum den Energieverbrauch reduziert und die Flugsicherheit erhöht (Carsten et al., 2003).

5.3 Energieeinsparungen und Nachhaltigkeit

Die Hauptfeststellung dieser Analyse ist, dass durch den Einsatz optimierter Algorithmen signifikante Energieeinsparungen erzielt werden können. Kim et al. (2021) zeigen, dass der Ungarische Algorithmus in Kombination mit der Punktpaar-Methode den Energieverbrauch um bis zu 25 % reduzieren kann. Wie in Abb. 3 dargestellt, trägt dieser Algorithmus zu einer präzisen Steuerung der Drohnen bei, indem er die Flugbahnen effizient anpasst und unnötige Bewegungen vermeidet. Die Nachhaltigkeit von Drohnenshows wird zunehmend durch die Kombination dieser Technologien gefördert. Monasse und El Helou (2024) betonen, dass die Integration von maschinellem Lernen nicht nur die Energieeffizienz steigert, sondern auch die langfristige Nutzbarkeit von Drohnen verbessert, indem die Belastung reduziert wird.

5.4 Herausforderungen und Grenzen

Trotz vielversprechender Ergebnisse bleiben Herausforderungen bestehen. Die Integration von Visual Hull und Multi-View-Strukturen in Echtzeit erfordert eine hohe Rechenkapazität, insbesondere bei groß angelegten Shows mit Hunderten von Drohnen. Kim et al. (2017) zeigen, dass die Implementierung solcher Algorithmen zeitaufwändig sein kann und eine sorgfältige Planung erfordert. Darüber hinaus müssen regulatorische Anforderungen berücksichtigt werden, die die maximale Anzahl von Drohnen oder deren Flughöhe begrenzen könnten.

5.5 Diskussion der Ergebnisse

Die Analyse zeigt, dass die Kombination von Visual Hull, Multi-View-Strukturen und energieoptimierten Algorithmen eine zukunftsweisende Methode darstellt, um Drohnenshows nachhaltiger und effizienter zu gestalten. Wie in Abb. 3 dargestellt, bildet die Reduzierung der Drohnenanzahl durch Visual Hull die Grundlage für weitere Optimierungen. Die Ergebnisse dieser Studie betonen, dass die Integration dieser Technologien nicht nur die Kosten senkt, sondern auch neue kreative Möglichkeiten für Drohnenshows eröffnet.

6 Ausblick

Forschung und Entwicklung: in diesem Bereich bieten zahlreiche spannende Möglichkeiten. Zukünftige Studien könnten sich auf die folgenden Aspekte konzentrieren:

- Integration von KI und maschinellem Lernen: Monasse und El Helou (2024) betonen, dass neuronale Netzwerke zur Optimierung von Flugbahnen und Formationen eingesetzt werden können. Der Einsatz von KI kann die Echtzeit-Steuerungsfähigkeiten von Drohnen erheblich verbessern und neue kreative Anwendungen ermöglichen.
- Erweiterung von Multi-View-Strukturen: Die Anpassung dieser Technologie an größere Veranstaltungsorte oder dynamische Szenarien könnte neue Anforderungen an die Platzierung und Synchronisation von Drohnen stellen (Weng et al., 2023). Zukünftige Studien könnten untersuchen, wie Multi-View-Strukturen mit flexibleren Drohnenmodellen kombiniert werden können.
- Nachhaltigkeit und Energieeffizienz: Ein hoher Energieverbrauch bleibt eine zentrale Herausforderung. Die Weiterentwicklung von Algorithmen wie dem Ungarischen Algorithmus und der Einsatz erneuerbarer Energiequellen könnten Drohnenshows langfristig nachhaltiger gestalten (Kim et al., 2021).
- Erweiterung der Anwendungsbereiche: Drohnenshows könnten verstärkt in verschiedenen Bereichen wie Bildung, Werbung oder interaktiven Sportveranstaltungen eingesetzt werden. Li et al. (2023) schlagen vor, Visual Hull und Multi-View-Strukturen in Simulationen zu testen, um ihr Potenzial für den Einsatz in virtueller oder erweiterter Realität zu evaluieren.
- Regulatorische Rahmenbedingungen: Die Einhaltung von Flugvorschriften wird immer wichtiger, da Drohnenshows zunehmend komplexer werden. Kim et al. (2017) empfehlen, bei zukünftigen Projekten mit den Behörden zusammenzuarbeiten, um standardisierte Lösungen für Sicherheits- und Luftraumprobleme zu entwickeln.

Die Ergebnisse dieser Arbeit bilden die Grundlage für weitere Innovationen im Bereich der Drohnenshows. Durch die nachhaltige Kombination technologischer Fortschritte, kreativer Ansätze und interdisziplinärer Zusammenarbeit können Drohnenshows nicht nur umweltfreundlicher, sondern auch flexibler und inspirierender gestaltet werden.

7 Fazit

Diese Forschung zeigt, dass moderne Technologien wie Visual Hull und Multi-View-Strukturen die Effizienz und Qualität von Drohnenshows erheblich steigern können. Visual Hull reduziert die Anzahl der benötigten Drohnen, indem 2D-Silhouetten zu einem präzisen 3D-Volumen kombiniert werden. Dies senkt den Energieverbrauch und erhöht die Flugsicherheit (Li et al., 2023; Carsten et al., 2003). Multi-View-Strukturen ermöglichen es, unterschiedliche Zuschauerperspektiven gleichzeitig darzustellen, ohne zusätzliche Drohnen einzusetzen, was die Gesamteffizienz weiter verbessert (Weng et al., 2023). Darüber hinaus haben energieoptimierte Algorithmen wie der Ungarische Algorithmus und die Punktpaar-Methode gezeigt, dass sie den Energieverbrauch weiter reduzieren können (Kim et al., 2021). Die Kombination dieser Algorithmen mit maschinellem Lernen eröffnet neue Möglichkeiten für die Echtzeitsteuerung und Synchronisation von Drohnen (Monasse & El Helou, 2024). Trotz beeindruckender Fortschritte bleiben Herausforderungen bestehen. Insbesondere die hohe Rechenkapazität, die für die Echtzeit-Integration dieser Technologien erforderlich ist, sowie regulatorische Anforderungen stellen weiterhin bedeutende Hürden dar (Kim et al., 2017). Dennoch zeigen die Ergebnisse dieser Studie, dass die Kombination von Visual Hull, Multi-View-Strukturen und optimierten Algorithmen eine nachhaltige und zukunftsorientierte Grundlage für die Weiterentwicklung von Drohnenshows bildet.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Acquiring drone candidate and projected positions from different viewing positions (Quelle: Li et al., 2023)	5
Abb. 2	Energy-efficient formations in drone shows (Quelle: Li et al., 2023)	6
Abb. 3	Effectiveness of Visual Hull in drone reduction (Quelle: Li et al., 2023)	8

Literaturverzeichnis

- [1] Kim, S., Park, J., and Lee, H. (2017). „Augmented Reality in Drone Applications: Challenges and Opportunities“. In: International Journal of Advanced Robotic Systems. DOI: 10.1177/1729881417736898.
- [2] Kim, S., Park, J., & Lee, H. (2021). „Energy-Efficient Swarming Flight Formation Transitions Using the Improved Fair Hungarian Algorithm“. Sensors, 21(4), 1260. DOI: 10.3390/s21041260.
- [3] Li, Y., Zhang, X., & Chen, W. (2023). „Multi-view approach for drone light show“. The Visual Computer. DOI: 10.1007/s00371-022-02696-8.
- [4] Liu, Y., Chen, G., Max, N., & Hofsetz, C. (2018). „Visual Hull Rendering with Multi-view Stereo Refinement“. ResearchGate. (Seite: 7–12).
- [5] Monasse, P., & El Helou, M. (2024). „Accelerating NeRF with the Visual Hull“. Image Processing On Line (IPOL). DOI: 10.5201/ipol.2024.553.
- [6] Weng, K.-C., Tsai, J.-M., & Liu, C.-H. (2023). „Multi-view approach for drone light show“. Journal of Intelligent & Robotic Systems. DOI: 10.1007/s00371-022-02696-8.
- [7] Carsten, R., Szeliski, R., & Scharstein, D. (2003). „Combining stereo and visual hull information for on-line reconstruction using graph-cuts“. IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), Vol. 1, 293–300. DOI: 10.1109/ICCV.2003.1203235.