

Praktischer Aufbau der Kameras und Tiefensensorik im Bühnenraum: Erweiterung der Messarchitektur V1.1 für das Projekt *Liminal Space*

Artur Klassen

November 18, 2025

Abstract

Dieses Dokument beschreibt den vollständigen praktischen Aufbau der RGB-Kameras, Weitwinkelkameras und der Intel RealSense Tiefensensorik im Kontext der Messarchitektur V1.1 für das performative Forschungsprojekt *Liminal Space*. Ziel ist die präzise, synchronisierte Erfassung eines hochdimensionalen sozialen Feldes, das durch Bewegungen, Interaktionen, Publikumsdynamiken und Kontextinformationen charakterisiert ist. Der Aufbau bildet die empirische Grundlage für die Berechnung eines mehrdimensionalen 600D-Fusionsvektors, der wiederum die Rekonstruktion der Struktur- (M) und Antistrukturkomponenten (I) ermöglicht und damit die theoretische Modellierung liminaler Zustände unterstützt. Das Dokument umfasst die technische Spezifikation, räumliche Geometrie, Kamerapositionen, Kalibration, Synchronisation sowie den operativen Ablauf. Es ergänzt die vorliegende theoretische Messarchitektur um ein vollständiges, praxisorientiertes Setup.

1 Einleitung

Das interdisziplinäre Forschungsprojekt *Liminal Space* verbindet performative Künste, komplexe Systemtheorie, Sozialforschung, Signalverarbeitung und Konzepte der Quantenmetaphern, um ein mehrdimensionales Modell sozialer Felder zu entwickeln. Dazu ist eine Messarchitektur notwendig, die sowohl physische, physiologische als auch soziale und kontextuelle Informationen erfasst. Die Messarchitektur V1.1 definiert einen 600-dimensionalen Fusionsvektor, der im Takt von 50 Hz kontinuierlich berechnet wird und die Basis für die Abbildung von Struktur (M), Antistruktur (I) sowie Resonanzphänomenen bildet.

Um diesen Vektor korrekt zu berechnen, sind präzise technische Messdaten notwendig. Die vorliegende Arbeit beschreibt den konkreten Aufbau sämtlicher Kameras und Sensoren im realen Bühnenraum. Dieser Aufbau erfüllt folgende Aufgaben:

- vollständige Erfassung der Tanzperformance aus sechs Perspektiven,
- präzise 3D-Rekonstruktion der Körperbewegungen,
- Tiefenscans des Publikums und der Raumtopologie,
- Identifikation liminaler und sozial resonanter Zonen,
- zeitlich synchronisierte Datenbasis für alle Modalitäten.

Der Text ist so konzipiert, dass er sowohl für wissenschaftliche Dokumentation als auch für technische Umsetzungen geeignet ist.

2 Raumkoordinatensystem

Alle Sensoren werden in ein gemeinsames globales dreidimensionales Koordinatensystem $\mathcal{R}$ eingebettet. Der Ursprung liegt im Mittelpunkt der Bühnenfläche. Die Achsen sind definiert als:

- x : horizontale Breite (links–rechts),
- y : Bühnentiefe Richtung Publikum,
- z : vertikale Achse (0 am Boden, bis 4 m Höhe).

Transformationen erfolgen über:

$$\mathbf{p}_{\mathcal{R}} = R_{\text{ext}} \mathbf{p}_{\text{sensor}} + \mathbf{t}_{\text{ext}}.$$

3 Kamerasetup: Sechs Beobachterperspektiven

3.1 Übersicht

Im Bühnenraum werden installiert:

- drei Lumix S1H RGB-Kameras (50 fps),
- eine Intel RealSense D455 Tiefenkamera,
- zwei Weitwinkel-Metakameras (110°),
- ein Audio-Array zur Ambience- und Bewegungsaufnahme.

Die Erfassung aus sechs Perspektiven ermöglicht redundanzfreie Rekonstruktion auch komplexer Pose- und Raumdynamiken.

3.2 Positionierung der RGB-Kameras

Die drei Hauptkameras sind wie ein Beobachtungsdreieck angeordnet:

Kamera A – Frontalperspektive

- Position: (0, 4.0, 1.6) m
- Funktion: zentrale Pose-Erkennung, Publikumsinteraktion

Kamera B – 45° Perspektive links

- Position: (−3.5, 3.0, 1.8) m
- Funktion: Lösung von Selbstverdeckungen

Kamera C – 45° Perspektive rechts

- Position: (+3.5, 3.0, 1.8) m
- Funktion: Silhouettenkonturen, Redundanz

3.3 Positionierung der Meta-Beobachterkameras

Zwei Weitwinkelkameras liefern eine globale Raumansicht:

Meta 1 – Vogelperspektive links

- Position: (−2.5, 2.0, 3.5) m
- Funktion: Publikumsdynamik, Topographie

Meta 2 – Vogelperspektive rechts

- Position: (+2.5, 2.0, 3.5) m
- Funktion: Redundanz, großräumige Bewegungsfelder

4 Tiefensensorik: Intel RealSense D455

Die RealSense bildet das Kernstück der dreidimensionalen Rekonstruktion.

4.1 Positionierung

- Position: (0, 2.5, 1.3) m
- Neigung: 12° nach unten
- Sichtfeld: 85° × 58°

4.2 Ausgabeformate

- Tiefenkarte $\mathbf{D}(t)$
- Punktwolke $P(t) = \{(x_i, y_i, z_i)\}$
- Bewegungsnormalen
- Infrarotbilder zur Texturierung

Die Punktwolken dienen zur Bestimmung:

- Körpervolumen,
- Distanzen,
- geometrischer Resonanzräume,
- Publikumsinteraktionen.

5 Geometrische Sicherung und Kalibration

Alle Kameras sind:

- auf festen Stativen montiert,
- durch Tape-Markierungen im Raum verankert,
- im Wochenrhythmus rekali­briert.

Kalibration erfolgt über:

- Checkerboard-Verfahren (RGB),
- Factory-Calibration + Extrinsic (RealSense),
- Timecode-Synchronisation für RGB,
- NTP-Synchronisation für die Tiefenkamera.

6 Zeitsynchronisation

Alle Modalitäten laufen mit exakt 50 Hz. Jede Messung wird einem globalen Zeitindex zugeordnet:

$$t_k = \frac{k}{50}.$$

Ein LED-Flash definiert die Startmarke für exakte Frame-Alignments.

7 Beleuchtung und Störungsreduktion

Zur Vermeidung von Artefakten wird verlangt:

- matte Bühnenmaterialien,
- stabile Weißlichtstimmung,
- kein direktes IR störendes Licht,
- Kleidungsstoffe ohne starke Reflexion.

8 Operativer Ablauf

1. Aufbau auf markierten Positionen
2. Ausrichtung aller Geräte
3. Synchronisation aktivieren
4. Testaufnahme (10s)
5. Feinjustierung der Beleuchtung
6. Start der 60-minütigen Messung

9 Fazit

Das hier beschriebene Sensorsetup ermöglicht eine empirisch robuste, hochpräzise und zeitlich exakt synchronisierte Erfassung des performativen Experiments *Liminal Space*. Die sechs Beobachterperspektiven, die Tiefensensorik und die global definierte Messarchitektur erlauben eine vollständige Rekonstruktion der Bewegungs-, Interaktions- und Kontextdynamik des sozialen Feldes. Dadurch wird der 600D-Fusionsvektor auf eine solide empirische Grundlage gestellt, und die anschließende Berechnung der orthogonalen Kopplung von Struktur (M) und Antistruktur (I) wird wissenschaftlich belastbar. Die Messanordnung bildet somit den praktischen Kern der experimentellen Validierung des Resonanzraum-Modells.