

Systematisierung und Identifizierung von Störquellen und Störerscheinungen in zeithistorischen Videodokumenten am Beispiel digitalisierter Videobestände sächsischer Lokalfernsehsender

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der automatisierten Qualitätsüberprüfung digitalisierter Analogformate mit dem Ziel der Einsparung von Ressourcen und dem framegenauen Auffinden von zu behebenden Störungen in einem beliebigen Digitalisat. Exemplarisches Anwendungsgebiet hierfür ist das magnetbandbasierte Video Home System (VHS), welches seit 1976 nicht nur Privatanwendern jahrelang als Aufnahmemedium diente. Mehr als 4 Dekaden später schlummert so manche historische Aufnahme von der Einschulung der eigenen Kinder bis hin zu Dokumentationen über die damalige Arbeits- und Lebenskultur auf längst vergessenen Videokassetten. Mit fortschreitender Digitalisierung kam allmählich auch die Einsicht, dass diese Erinnerungen zeitnah durch Materialverschleiß unwiederbringlich verlorengehen werden.

Das zunehmende Aussterben analoger Systeme zwingt aber auch lokale und z.T. nationale Fernsehsender zu einer raschen Digitalisierung der Videodaten. Besonders den *ostdeutschen Lokalfernsehsendern* fehlten nach der Wiedervereinigung in den 1990er Jahren neben einer technischen und gestalterischen Ausbildung die finanziellen Mittel für professionelles Equipment, wodurch die Produktionen oftmals laienhaft mit dem preisgünstigen und qualitativ minderwertigsten Amateurformat VHS durchgeführt wurden. Dabei herrschte in den 1990er Jahren eine hohe Dichte an lokalen Sendern, die sich aus den zahlreichen Antennengemeinschaften der DDR-Zeit hervor gingen (Abbildung 1). So lagern nun seither unzählige VHS-Kassetten unter suboptimalen Bedingungen und ohne archivarische Prüfung. Diese Aufnahmen sind jedoch wichtige *Zeitzeugnisse aus der Wendezeit* und dokumentieren die politischen und wirtschaftlichen Herausforderungen, welchen sich die ostdeutschen Bürger nach dem Wechsel von einem sozialistischen zu einem marktwirtschaftlichen System gegenübersehen. Mitunter sind auch Personen des öffentlichen Lebens wie bspw. die früheren Bundeskanzler Helmut Kohl oder Gerhard Schröder zu sehen. Meist ist der analoge Bestand jedoch schlecht dokumentiert, wodurch jede *archivarische Intention* erschwert und eine Aufarbeitung erforderlich wird.

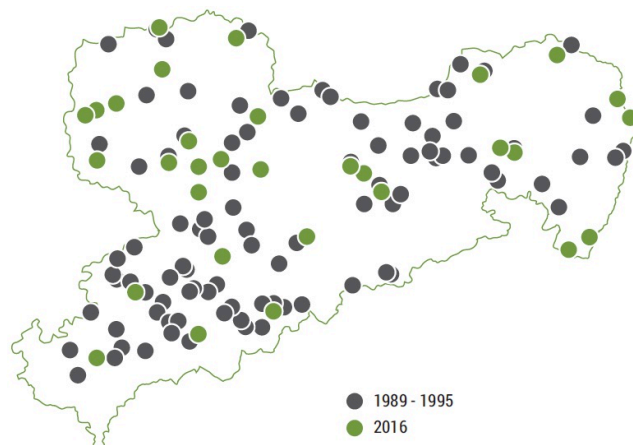


Abbildung 1: Überblick über die sächsische Lokalfernsehlandschaft zwischen 1989 und 1995

Große Mengen analoger Videobänder müssen nun in eine digitale Variante überführt werden. Zwar geben zahlreiche Bücher Auskunft über mögliche Herangehensweisen, jedoch sind Strategien, Lösungen und deren Wirksamkeit aufgrund der drängenden Situation kaum erforscht. So liegt die Priorität besonders bei der Massendigitalisierung oftmals nur auf der generellen Sicherung, sodass qualitative Optimierungen vor der Digitalisierung zu kurz kommen und eventuell auftretende Störerscheinungen erst nach der Umwandlung aufwendig manuell retuschiert werden können (Abbildung 2). Ferner stellt sich auch die Frage nach einer nachträglichen Qualitätssicherung/-steigerung und einer möglichen Weiterverwertung der Videodaten. Dazu ist zunächst eine Analyse und Detektion von Störerscheinungen sowie in einem späteren Schritt deren Korrektur notwendig. Hinzu kommen mögliche Formatanpassungen an heutige Standards. Unterschiedlich gealterte Sequenzen müssen für die heutige Verwertung untereinander und zusätzlich dem aktuellen hochauflösenden Videomaterial optisch angeglichen werden. Jeder dieser Bereiche ist jedoch nach derzeitigem Stand der Technik mühselig, zeitaufwendig sowie personal- und kostenintensiv.



Abbildung 2: Beispiele auftretender Störerscheinungen im untersuchten Datenkorpus

Diese Arbeit beschäftigt sich daher zunächst mit der theoretischen Systematisierung von möglichen Störquellen und Störerscheinungen anhand eines Beispieldatenkorpus und evaluiert anschließend ein geeignetes Verfahren für deren automatisierte Detektion und Anzeige. Dadurch kann der personelle, zeitliche und kostenintensive Aufwand stark reduziert werden.

Bei der Systematisierung von Störerscheinungen zeigte sich, dass zwar unzählige Literaturquellen für die Handhabung von Abspielgeräten existent sind, sich davon allerdings nahezu keine Veröffentlichung mit einer Kategorisierung beschäftigt. Besonders auffällig zeigte sich die Inkonsistenz der in der Literatur genutzten Begrifflichkeiten für die auftretenden Phänomene: Oftmals sind die Störungen unter vielen unterschiedlichen Bezeichnungen bekannt, weshalb eine schier unübersichtliche Fehleransammlung mit z.T. doppeldeutiger Beschreibung entsteht. Erst nach extensiver Literaturrecherche und Materialanalyse sowie einigen Ansätzen und Iterationen bzgl. eines Kategorisierungsansatzes wurde deutlich, dass eine Klassifizierung auftretender Phänomene anhand der vorliegenden Literaturangaben nicht möglich ist. Hauptkritikpunkt ist dabei die ausbleibende Diskriminierung zwischen mechanischen und elektronischen sowie visuell wahrnehmbaren Eigenschaften, eine eindeutige Beschreibung und klare sprachliche Abgrenzung. Dieser Umstand

erforderte zunächst eine **theoretische Fundierung des Fachgebietes**, bevor eine Systematisierung erfolgen konnte. In diesem Zusammenhang wurden von der Autorin die auftretenden Phänomene nicht nur in Ursache und Wirkung aufgespalten, sondern gleichzeitig auch eine prozessbasierte Klassifikation vorgenommen und zur konkreten Beschreibung eine Reihe **neuer Fachtermini eingeführt**. Dadurch konnte das Ziel, eine **klare, aber möglichst umfängliche Übersicht mit maximal dreistufiger Hierarchie** zu erstellen, ohne dabei die komplexen Zusammenhänge zu verlieren, erreicht werden.

Die Störquellen orientieren sich dabei an der vorab erstellten Produktionskette analog produzierter Digitalisate vom Moment der Aufnahme über die AD-Wandlung bis hin zur Postproduktion und beziehen sich somit auf elektronische und mechanische Gegebenheiten. Die Systematisierung der Störerscheinungen leitet sich aus visuell beschreibbaren Bildeigenschaften wie bspw. Schärfe, Farbgebung sowie weiteren videospezifischen Merkmalen ab. So entstanden **zwei umfangreiche Kataloge (Abbildung 3)**: Bei den Störquellen wurden insgesamt über 400 im Zusammenhang stehende Begriffe in sechs Ober- und 67 Unterkategorien eingeordnet. Die Störerscheinungen umfassen insgesamt über 400 verschiedene Bezeichnungen, welche auf sieben Ober- und 44 Unterkategorien aufgeteilt und in zahlreichen Beispielabbildungen aus dem vorliegenden Datenkorpus dargestellt werden konnten.

ID	Bezeichnung	Deutsche Synonyme	Englische Entsprechung	Störerscheinung	Kurzbeschreibung
SQ ₀₁	Banddeformation	Deformation des Bandes, Deformation der Bandränder, Kurvige Deformation des Bandes, Verformung, Verwüllen, Verwerfen, Verwölbung, Verziehen des Bandes	Edge Damage or Warped Tape, Tape Distortion, Tape Deformation, Non-Linear Tape Deformation	VS _{01.2} , VS ₀₁ , VS ₀₂ , VS ₀₃	Die Banddeformation inkludiert alle Phänomene, welche eine Abweichung vom ursprünglich korrekten Bandzustand auslösen. Dazu gehören eine beschädigte Bandoberfläche oder Dimensionsveränderungen.
SQ _{01.1}	Dehnung oder Schrumpfung des Bandmaterials	Ausleieren des Bandes, Dehnung oder Schrumpfung in Längsrichtung, Streckung, Überstreckung, Verdehnung	Expansion and Contraction, Lengthwise Tape Expansion or Shrinkage, Stretching, Tape Distortion, Trapezoidal Error	VS _{01.1} , VS _{01.11} , VS _{01.27} , VS _{01.2} , VS ₀₁ , VS ₀₂	Durch klimatische und mechanische Einflüsse wird das Bandmaterial gedehnt oder gestaucht, sodass Spurlänge und -winkel verändert werden.
SQ _{01.2}	Kurvige Banddeformation	Bogenförmiger Bandverzug, Gekrümmte Schrägschritte, S-förmiger Bandverzug	Bowed Track, Country Laning, Curvature Error, S-shaped Track	VS _{01.27} , VS ₀₁	Das Bandmaterial weist einen S- bzw. bogenförmigen Verzug auf, sodass die Videoköpfe die verkümmerten Schrägschritte nicht mehr korrekt erfassen können.
SQ _{01.3}	Deformation der Bandränder	Beschädigte Bandränder, Kantenkräuseln, Kräuseln	Curling, Edge Curl, Edge Curling, Edge Damage, Scalloped Edge, Wavy Edge	VS _{01.27} , VS ₀₁ , VS ₀₂	Die Bandränder kräuseln sich u.a. aufgrund einer mangelhaften Bandaufwicklung, einer Kurvigen Banddeformation, einer Bandführungsstörung oder klimatischer Einflüsse.
SQ _{01.4}	Knicke und zerknittertes Band	Diagonalknick, Falten, Knitter, Längsknick, Querknick	Capstan Crease, Creased Tape, Creases, Crumpled Tape, Diagonal Crease, Fold-Over, Longitudinal Crease, Transversal Crease, Wrinkles	VS _{01.27} , VS ₀₁ , VS ₀₂	Einzelne oder mehrere längs, quer oder diagonal gerichtete Knicke im Bandmaterial verringern den Band-Kopf-Kontakt.
SQ _{01.5}	Kratzer und Fehlstellen	Kratzer und Abnutzung, Schrammen, Spikler	Abrasion, Dropout, Gouging, Scratches and Tapewear, Tapewear and Failure	VS _{01.27} , VS ₀₁ , VS ₀₂	Kratzer beschädigen die informationstragende Magnetschicht irreversibel, sodass Fehlstellen im Bandmaterial entstehen, an denen kein Signal ausgelesen werden kann. Fehlstellen können ferner durch Fertigungsfehler auftreten.
SQ _{01.6}	Zersetzung des Bandmaterials	Bandabrieb, Bandkleben, Bandkleben und -quetschen, Bindemittelverlust, Gleitmittelverlust, Hydrolyse, Schmier-Effekt, Zersetzung des Bindemittels, Zersetzung des Schmiermittels	Binder Degradation, Binder Deterioration, Blocking, Dry Squeal, Hydrolysis, Loss of Lubricant, Lubricant Loss, Shedding, Soft Binder Syndrome, Squeal, Sticky Shed Syndrome, Sticky Tape, Sticky Tape Syndrome, Striction, Tape Wear, Video Tape Wear, Vinegar Syndrome	Band nicht abspielbar, VS ₀₁	Im Bandmaterial beginnt ein Zersetzungsprozess, welcher zu Verlust von Binde- und Schmiermittel führt. Dadurch lösen sich Teile der Magnetschicht ab, Bänder bekommen mitunter einen klebrigen Belag und hinterlassen Verunreinigungen im Bandpfad. Zudem verkürzen Staub, Fingerabdrücke oder Zigarettenasche die Lebensdauer des Magnetbandes.
SQ _{01.7}	Entmagnetisierung	Demagnetisierung, Fremdmagnetisierung, Selbstentmagnetisierung	Demagnetization	Band nicht abspielbar	Die Remanenz der Magnetpartikel verringert sich zunehmend durch magnetische Effekte wie der Selbst- oder Fremdmagnetisierung, sodass die Signalstärke abnimmt.
SQ _{01.8}	Pilzbefall	Schimmelfeul	Fungus, Mold	n.b.	Das Bandmaterial beginnt aufgrund einer zu feuchten Umgebung zu schimmeln und zerstört die Bandstruktur zunehmend. Neben weißen Schimmelsporen macht sich ein modriger Geruch bemerkbar.
SQ _{01.9}	Bandriss	n.b.	n.b.	VS ₀₁ , VS ₀₂ , VS ₀₃	Poröses Bandmaterial reißt und macht das Band unabspielbar.
SQ ₀₂	Mangelhafte Bandaufwicklung	Kantenkräuseln	Cinch, Cinched, Edge Curling, Feathering, Fold-over, Flange Pack, Gaps, Pack Slip, Pleated, Popped Strands, Rippling, Scatter Wind, Shimers, Slipped Pack, Spoked Tape Pack, Spokes, Step Pack, Stepped Pack, Windowed Tape Pack, Windowing	n.b.	Eine mangelhafte Bandaufwicklung liegt dann vor, wenn einzelne Bandlagen aus dem Bandwickel herausstehen, verrutschen, ungleichmäßig aufgewickelt oder gar gefaltet werden oder ihre mittige Position auf der Spindel verlassen.
SQ _{02.1}	Popped Strands	n.b.	Feathering, Pack Slip, Slipped Pack, Stepped Pack	n.b.	Einzelne Bandlagen stehen in Folge mangelnder Bandaufwicklung aus dem Bandvorrat heraus, sodass die betroffenen Bandränder durch die exponierte Lage Beschädigungen ausgesetzt sind.
SQ _{02.2}	Pack Slip	n.b.	Feathering, Scatter Wind, Slipped Pack	n.b.	Mehrere aneinanderhängende Bandwicklungen stehen aus dem Bandwickel hervor und sind so einer leichten Beschädigung der Bandränder ausgesetzt.
SQ _{02.3}	Flange Pack	Kantenkräuseln	Edge Curling	n.b.	Der Bandvorrat liegt nicht mehr mittig auf der Spindel, sondern wird einseitig gegen den Plastikschutz gedrückt. Dadurch werden die Bandränder einseitig beschädigt.

Abbildung 3: Beispielhafter Auszug aus dem Störquellenkatalog mit ID, Bezeichnung, deutschen und englischen Synonymen sowie einer Kurzbeschreibung. Die Spalte Störerscheinung schlägt die Brücke zum Störerscheinungskatalog.

Dieser **neuartige Vorschlag zur Systematisierung und Klassifikation der Phänomene** umfasst sowohl analoge als auch digitale Komponenten, lässt sich auf andere Videoformate anwenden und erweitern und bildet die **Grundlage für eine automatisierte Erkennung von Störerscheinungen**. Ferner wird durch die Katalogisierung ein schnelles Erkennen und Auffinden der Phänomene möglich, sodass dadurch ein Grundstein für weitere, darauf aufbauende Studien wie bspw. im Bereich der subjektiven Qualitätsbeurteilung oder Restauration von Störerscheinungen gelegt werden konnte.

An die theoretische Aufarbeitung schließt die praktische Umsetzung für die automatisierte Detektion und Klassifikation von Störerscheinungen mit Hilfe von sog. Künstlichen Neuronalen Netzen (CNN) an. Ziel war die Erstellung eines Systems, welches anhand objektiv erfassbarer Kriterien eine möglichst exakte Auskunft über die vorliegende **technische Bildqualität eines Digitalisats** liefert und diese **ohne persönliche Durchsicht des Videos in Echtzeit visuell leicht erfassbar** darbietet. Dabei ist die Vorgehensweise geprägt von einem komplexen Wechselspiel zwischen Datensätzen und Systemarchitektur, welches in der Arbeit näher erläutert wird.

Aktuell sind jedoch zur Erstellung und Prüfung verschiedener Klassifikatoren zur Erkennung (audio-)visuell wahrnehmbarer Störungen **keine öffentlich zugänglichen Datenkollektionen** bekannt. Für diese Untersuchung war es jedoch essentiell, einzelne Frames oder Bildsequenzen in einer Originalauflösung von 720 x 576 Pixel für die Analyse mittels CNN zur Verfügung zu stellen. Daher wurden verschiedene Datensätze erstellt, welche einem vorab digitalisierten Korpus mit ca. 200 Stunden Videomaterial sächsischer Lokalfernsehsender aus den Jahren 1991 bis 1996 entstammen. Durch den dokumentarischen Charakter ist das audiovisuelle Material von hohem kulturellen Wert, weist allerdings verfahrensbedingt qualitative Mängel auf. Ferner zeigen sich die Digitalisate aufgrund unterschiedlicher Produktionskonzepte der einzelnen Sender in ihrer qualitativen Erscheinung sehr heterogen, was sich als Herausforderung für die Analyse zeigen sollte.

Für die Erstellung eines Verfahrens für die automatisierte Detektion von Störerscheinungen wurden verschiedene Datensätze für die umfangreiche Evaluierung des Verfahrens über zahlreiche Experimente eruiert, um damit eine geeignete Systemarchitektur zu ermitteln sowie ein ausreichendes Training des CNN sicherstellen zu können. Die verschiedenen Datensätze wurden von Probanden mit und ohne audiovisuelle Expertise durch ein hauseigenes auf Python und JavaScript basierendes Annotationswerkzeug *Deep Learning Web Lab* annotiert. Durch eine Evaluation verschiedener Probanden-Kombinationen und einer Datensatz-Augmentation konnten die Datensätze weiterhin optimiert werden. Das so erstellte und trainierte System (Abbildung 4) zeigt eine **Trefferwahrscheinlichkeit von 87,2 Prozent** auf und liegt somit im Bereich der State-of-the-Art-Ergebnisse anderer Forschungen. Besonders hervorzuheben ist hierbei jedoch, dass die **Experimente auf einer bisher nicht erforschten vielfachen Bildgröße durchgeführt** wurden. Darüber hinaus wurde das System auf zuvor ungesesehenen Felddaten angewandt.

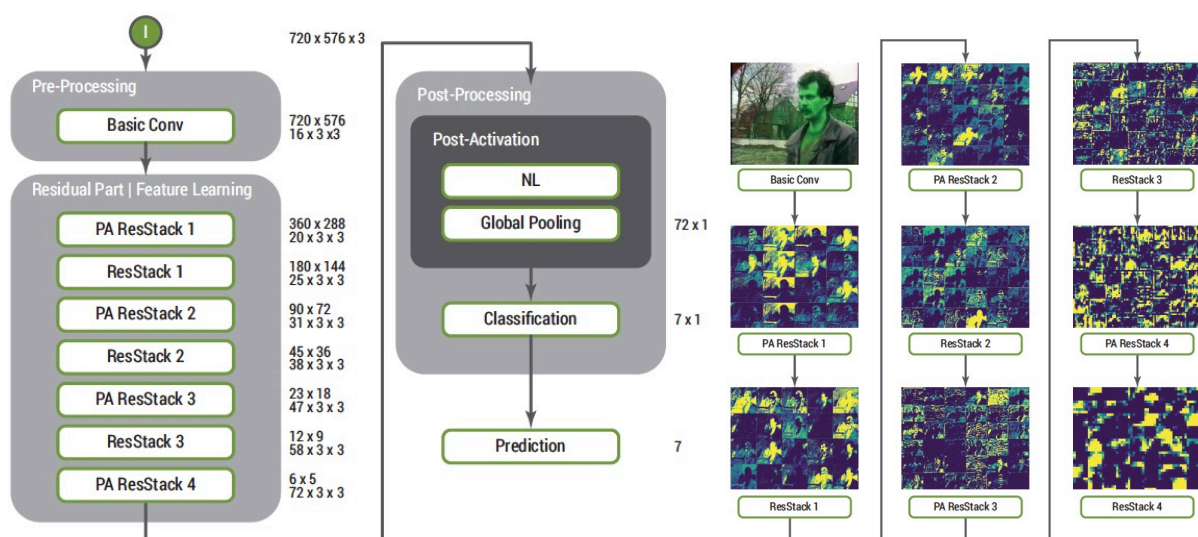


Abbildung 4: Überblick über die finale Architektur mit beispielhafter Feature Map in den einzelnen Schichten. Die Werte auf der rechten Seite zeigen die Output-Größen der jeweiligen Schicht (Bild-Dimensionen, Filteranzahl F , Filtergröße f). I = Input, Basic Conv = Basic Convolutional, ResStack = Residual Stack, PA ResStack = Pre-Activated Residual Stack, NL = Non-Linearity

Um nun aber bspw. einem Archivar, Videorestaurator oder Videoproduzenten ohne aufwendige Einarbeitung in CNN oder (audio-)visuelle Störerscheinungen einen schnellen Überblick über die vorliegende Videoqualität zu bieten, war eine leicht erfassbare und verständliche Grafik zu erstellen. Übliche Darstellungen auf Diagrammbasis stellten sich aufgrund der Komplexität als ungeeignet heraus, daher wurde eine Color Map angefertigt, die durch eine doppelte Codierung auch für Personen mit Farbblindheit geeignet ist (Abbildung 5).

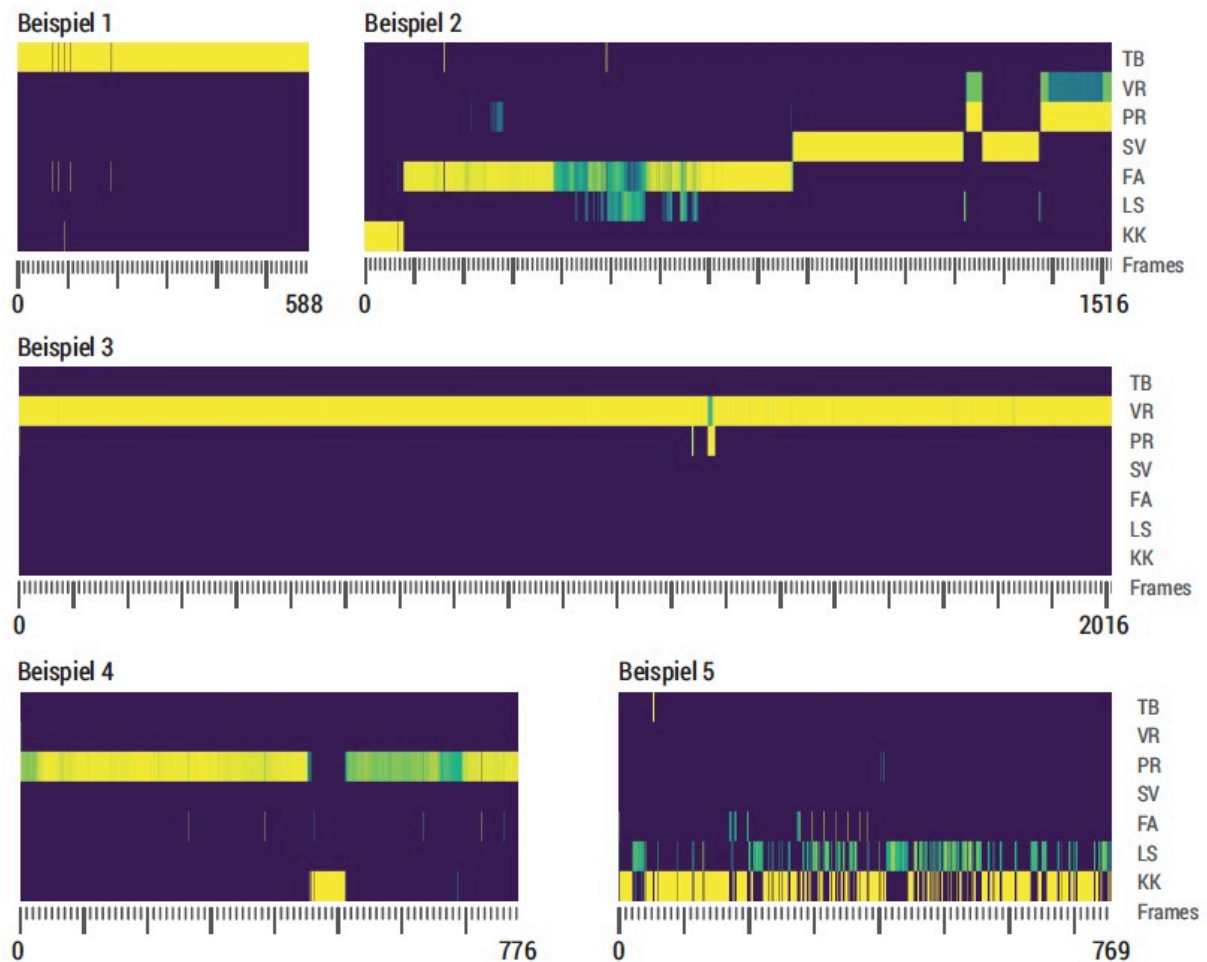


Abbildung 5: Beispiele verschiedener Detektionen von Störerscheinungen in Videosequenzen. TB = Testbilder, VR = Vollflächiges Bildrauschen, PR = Partielles Bildrauschen, SV = Sättigungsverlust, FA = Farbtonabweichung, LS = Lichtstreifen, KK = Keine der genannten Kategorien (fehlerfrei)

Neben dieser Darstellung als Bilddatei ist für eine nutzerfreundliche Analyse und spätere Bearbeitung eine Darstellung in Zusammenhang mit dem sichtbaren Videoinhalt wünschenswert, um darin navigieren und Störerscheinungen leicht ablesen zu können. Daher wurde prototypisch ein Mock-Up einer möglichen Grafischen Benutzungsoberfläche erstellt (Abbildung 6). Ferner konnte gezeigt werden, dass sich über diese Darstellungsformen mitunter semantische Zusammenhänge anhand regelmäßig auftretender Kombinationen von Klassifikationen aus der Color Map ablesen lassen. So sind Störerscheinungen bspw. häufig nach einem Umschnitt zu finden. Ebenso lassen sich Schwarzbilder bzw. Schwarzblenden, Wischblenden oder fehlerhafte Digitalisate ablesen.

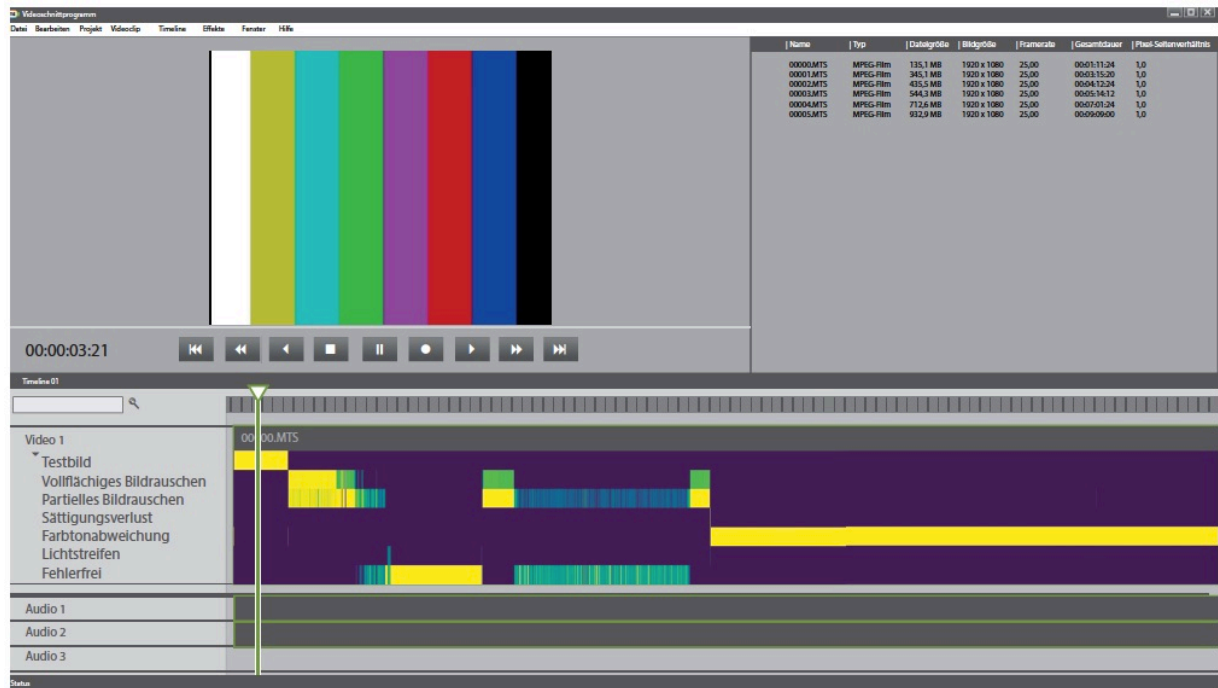


Abbildung 6: Prototypischer Mock-Up einer möglichen Grafischen Benutzeroberfläche für Archivare

Durch zahlreiche Experimente konnte so das Ziel, ein Verfahren zu erstellen, welches eine qualitative Aussage über den Zustand einer Videosequenz zulässt und welches einem Nutzer ermöglicht, ohne breite Vorkenntnisse über CNN oder visuelle Störerscheinungen, in kürzester Zeit zwischen brauchbarem und unbrauchbarem audiovisuellem Material zu unterscheiden, erreicht werden.

Dieser Ansatz ist für eine Reihe technisch-ingenieurwissenschaftlicher Anwendungsgebiete wie bspw. dem Archivwesen, Rundfunkdistribution, Videorestaurierung, Bewahrung von kulturellem Erbe oder Qualitätsanalysen gewinnbringend. Somit schlägt die vorliegende Arbeit den Bogen von einer nahezu ausgestorbenen Analogtechnik (VHS) hin zu einer modernen Verarbeitung (CNN). Die stetige Weiterentwicklung der Technologie bietet zahlreiche Anknüpfungspunkte für künftige Forschungsarbeiten.