

Working Paper Forschungsförderung

EnAble: Gestaltung eines inklusiven Arbeitsplatzes mit KI-Assistenz zur Qualitätskontrolle

Fördernummer: 2024-528-7

Anja Hofmann, Thomas Jung, Benedikt Müller und Frank Schirmeier

Projektleitung:

Frank Schirmeier, Dr., frank.schirmeier@hs-kempten.de, +4983125239334

Projektpartner: Wertachtal-Werkstätten, +49834190070

30.07.2025

1 Auf einen Blick

In den Wertachtal-Werkstätten, die ein Teil der Lebenshilfe Ostallgäu-Kaufbeuren sind, werden in 15 verschiedenen Tätigkeitsfeldern für über 1000 Kunden Produkte hergestellt. Eine Arbeitsgruppe verpackt dabei Maschinebauteile wie Schrauben und Scheiben in Kunststoffbeutelchen. Die Kontrolle der korrekten Tütchen Befüllung erfolgt händisch durch die Gruppenleitung, was einen enormen Zeitaufwand bedeutet und die Gruppenleitung daran hindert, sich auf die zentrale Aufgabe – die Betreuung und Entwicklung der Beschäftigten mit Beeinträchtigung – zu konzentrieren. Des Weiteren ist es den Beschäftigten häufig nicht möglich die Qualität ihrer Arbeit selbstständig zu bewerten und zu kontrollieren. In diesem Paper wird ein Arbeitsplatz vorgestellt, der den Beutelinhalt automatisiert kontrolliert und den Beschäftigten visuelles Feedback über ein Ampelsystem zurückgibt. Dies befähigt die Beschäftigten dazu, ihre manuelle Arbeit zu bewerten und entlastet gleichzeitig die Gruppenleitung.

2 Einleitung

In Werkstätten für Menschen mit Beeinträchtigung sind einfache, wiederholbare Arbeitsprozesse zentral für Teilhabe und Selbstwirksamkeit. Gleichzeitig binden manuelle Kontrolltätigkeiten viel Zeit der betreuenden Fachkräfte – Zeit, die für pädagogische Begleitung fehlt. Hinzu kommt: Beschäftigte können ihre Arbeit häufig nicht selbst überprüfen und bleiben dadurch abhängig von externer Kontrolle.

Das hier vorgestellte Projekt in den Wertachtal-Werkstätten der Lebenshilfe Ostallgäu-Kaufbeuren reagiert auf diese Herausforderung mit einer praxisnahen technischen Lösung: Ein neu entwickelter, moderner Arbeitsplatz ausgestattet mit einer Computer-Vision-Lösung ermöglicht es, die Befüllung von Verpackungstüten zu kontrollieren und den Beschäftigten ein direktes visuelles Feedback zu geben. Die Beschäftigten erhalten so neue Möglichkeiten zur eigenständigen Qualitätsprüfung und die Fachkräfte werden entlastet.

Das Projekt zeigt exemplarisch, wie moderne technische Assistenz in Werkstätten nicht nur die Arbeitsorganisation verbessern, sondern auch Selbstbestimmung und Teilhabe stärken kann.

Im Folgenden wird auf den Aufbau der inklusiven Qualitätskontrolle näher eingegangen. Im ersten Schritt wird das zu bewertende Produkt vorgestellt.

3 Produktvorstellung

Bei dem im Projekt betrachteten Produkt handelt es sich um Schrauben- und Scheibensets, welche von den Beschäftigten der Montageabteilung in Kunststoffbeutel gefüllt werden. Die Beschäftigten erhalten hierfür die benötigten Schrauben und Scheiben in großen Mengen und zählen eigenständig die benötigte Menge pro Beutel ab. Bei den verwendeten Kunststoffbeuteln handelt es sich um Druckverschlussbeutel 40 x 60 mm² aus Polyethylen (PE-LD) mit einer Wandstärke von 50 µm. Diese sind durchsichtig, reflektieren jedoch stark, was eine Bewertung durch Computer Vision erschwert. Für die Werkstätten ist es jedoch wichtig, dass die Qualitätskontrolle nach Befüllung der Beutel erfolgt. Dies ist wichtig, da die Befüllung eine weitere Fehlerquelle darstellt. Die am häufigsten verpackten Beutel werden als Betrachtungsgegenstand im Projekt gewählt. Daraus ergeben sich 14 verschiedene Kombinationen, die mit 19 unterschiedlichen Bauteilen befüllt werden können. In der getroffenen Selektion variiert die Anzahl der Bauteile pro Beutel zwischen 2 und 12. Abbildung 1 zeigt exemplarisch einen befüllten Beutel.



Abbildung 1 Darstellung eines exemplarischen Beutels, aufgenommen mit einer Handykamera; die Reflexe am Beutel wie auch an den Bauteilen sind dabei deutlich zu erkennen. Schon mit bloßem Auge ist eine eindeutige Identifikation der Bauteile herausfordernd. Durch die Bildaufnahme von oben können kleine untenliegende Bauteile von großen Bauteilen verdeckt oder teilweise verdeckt werden und damit schwer zu erkennen sein. (Quelle: eigene Aufnahme)

Die Beutelbefüllung in der Werkstatt folgt einem klar strukturierten Ablauf. Nach Eingang eines Auftrags übergibt die Gruppenleitung den Beschäftigten zunächst die erste Bauteilklasse bspw. Schraube, die anschließend in der vorgesehenen Menge in jeden Beutel abgefüllt wird. Dieser Vorgang wird mit den weiteren Bauteilklassen z.B. Scheibe fortgeführt, bis alle benötigten Komponenten vollständig abgefüllt sind. Eine abschließende Qualitätskontrolle erfolgt aktuell durch den Gruppenleiter.

4 Lösungsansätze

Die Bestimmung der Stückzahl in einer Packung mit Kleinteilen ist ein bekanntes Problem. Bei identischen Bauteilen bietet sich die Verwendung einer Waage als einfache und kostengünstige Methode an. Anhand des Gewichts eines einzelnen Bauteils lässt sich so die Gesamtanzahl ermitteln. Im Fall der Wertachtal-Werkstätten besteht der Inhalt jedoch aus verschiedenen Bauteilen mit unterschiedlichen Gewichten, was eine zuverlässige Mengenerfassung per Waage ausschließt. Beispielsweise könnten mehrere kleine Schrauben eine große Schraube im Gewicht ersetzen, ohne dass dies detektierbar wäre.

Eine alternative Methode stellt der Einsatz eines Lichtbandmikrometers dar. Dabei passieren die Bauteile ein Lichtgitter, wobei Lichtunterbrechungen registriert und über die Zeit hinweg zur Bestimmung von Konturen genutzt werden. Theoretisch ließen sich daraus Rückschlüsse auf die enthaltenen Bauteile ziehen. Zwei wesentliche Randbedingungen sprechen jedoch gegen diese Methode: Erstens soll die Vermessung direkt im Beutel erfolgen. Eine Entnahme des Inhalts zur Kontrolle ist nicht vorgesehen. Zum anderen sollen die Beschäftigten durch die Lösung entlastet werden, da jedes Befüllen oder Entleeren des Beutels erhebliche Mehrarbeit darstellt. Außerdem ergeben sich hier neue Fehlerquellen. Zweitens sind die verfügbaren Lichtbandmikrometer mit einem typischen Messbereich von $30 \times 30 \text{ mm}^2$ für die Größe der Bauteile ungeeignet.

Ein kamerabasiertes System bietet sich daher als sinnvollste Lösung an, um die einzelnen Bauteile zu erkennen. Auch hier bestehen technische Herausforderungen: Kleine Bauteile können durch Größere verdeckt werden, Reflexionen an Bauteil- oder Beuteloberflächen erschweren die visuelle Erkennung – teils sogar mit bloßem Auge und die einzelnen Schrauben und Scheiben sind teilweise nur schwer voneinander unterscheidbar.

Zur Reduzierung von Verdeckungen werden zwei Maßnahmen vorgeschlagen. Erstens kann durch eine transparente Unterlage die Bildaufnahme von unten erfolgen. Dadurch werden insbesondere die kleinen, nach unten gerutschten Bauteilen sichtbar, während die größeren Teile nur geringfügig überdeckt werden. Zweitens kann ein Schüttelmechanismus zur Umlagerung der Bauteile eingesetzt werden, um Anhäufungen zu zerstreuen und die Erkennbarkeit zu erhöhen. Durch motorische Einschränkungen in den Armen sind feinmotorische Aufgaben für Beschäftigte nicht immer durchführbar. Daher ist im entwickelten Aufbau ein Schüttler integriert.

Zur Reduktion von Reflexionen empfiehlt sich der Einsatz polarisierten Lichts in Kombination mit einem Polarisationsfilter vor dem Objektiv. Alternativ kann eine Dombelichtung verwendet werden, die diffuses Licht erzeugt und Reflexionen ebenso deutlich reduziert. Nachteilig ist hierbei jedoch der geringe Arbeitsabstand, der zwischen Prüfobjekt und Beleuchtung erforderlich ist. Positiv ist, dass das diffuse Licht im Gegensatz zu Blitzlicht kein Problem für die Beschäftigten darstellt.

5 Praktische Umsetzung

Aufgrund der individuellen Bedürfnisse der Beschäftigten mit Beeinträchtigung, gibt es spezifische Vorgaben, die in der Entwicklung einzuhalten waren. Im Gespräch mit der Gruppenleitung (stellvertretend für die Beschäftigten), dem Qualitätsmanagement und dem Betriebsrat wurden folgende Faktoren festgehalten:

- Kein Blitzlicht auf Grund von Epilepsieerkrankungen einiger Beschäftigten.
- Alle Bereiche mit denen Interaktion stattfindet, müssen sehr leicht zu erreichen sein, um Beschäftigten mit motorischen Einschränkungen die Nutzung zu ermöglichen.
- Das System sollte rauem Umgang standhalten und keine Verletzungsgefahr darstellen.
- Während der Entwicklung sollte der Aufbau flexibel umgestaltet werden können. Die inklusive Gestaltung des Arbeitsplatzes muss sichergestellt werden können, da nicht jedes Detail zu Beginn besprochen werden kann, müssen Änderungen jederzeit möglich sein.
- Das System sollte tragbar sein, um auch Rollstuhlfahrern oder Beschäftigten mit individualisierten Arbeitsplätzen, die Arbeit mit dem System zu ermöglichen.
- Das System sollte ohne Kommunikation nach außen funktionieren.
- Es werden keine Daten während der Verwendung gespeichert. Das System soll der Befähigung dienen und nicht zur Überwachung der Arbeitsqualität genutzt werden können.
- Intuitive Bedienbarkeit, sodass der Einlernprozess der Beschäftigten durch die Gruppenleitung möglichst einfach erfolgen kann.

Die folgenden Kapitel beschreiben detailliert die einzelnen Komponenten des Gesamtaufbaus (Abbildung 2).

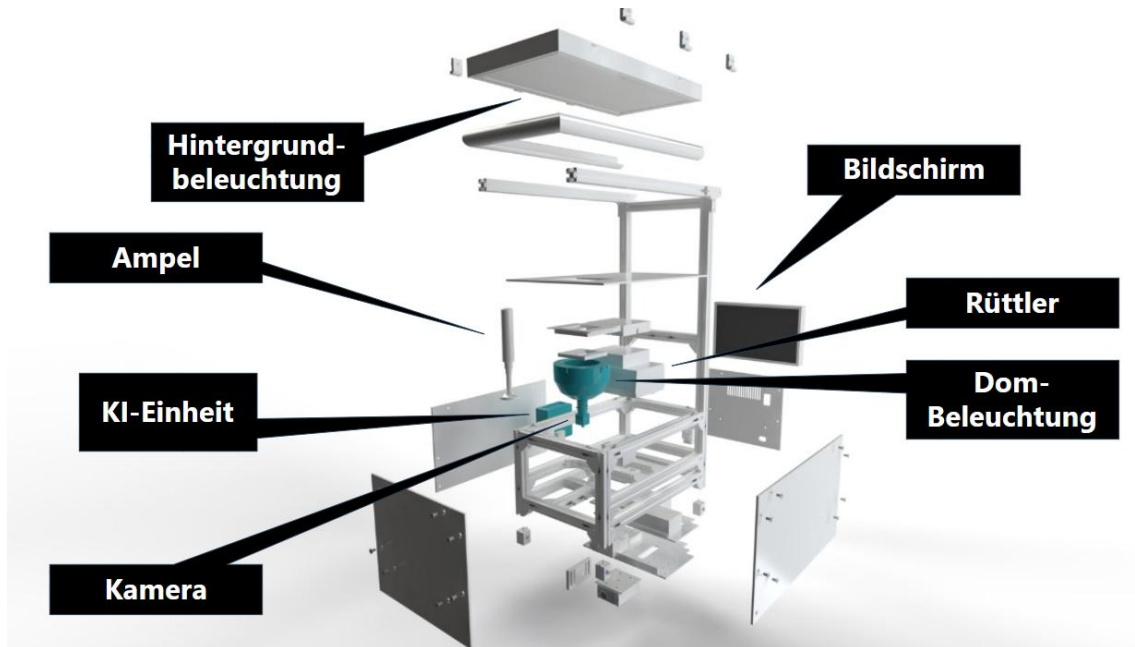


Abbildung 2: Einblick in den Hardware Aufbau zur Qualitätskontrolle der Schrauben- und Scheibensets. (Quelle: eigene Darstellung)

5.1 Gestell

Die Grundstruktur des Aufbaus besteht aus Aluminium-Systemprofilen 30x30 mm², die Abmaße des Aufbaus belaufen sich auf B: 340 mm; H: 980 mm und T: 540 mm (Abbildung 3 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Durch die Verbindung der Systemprofile durch Winkelverbinder ist der Aufbau flexibel auf Änderungen abstimmbare und gleichzeitig robust. Notwendige Anpassungen lassen sich durch einfaches Verschieben der Winkel durchführen.

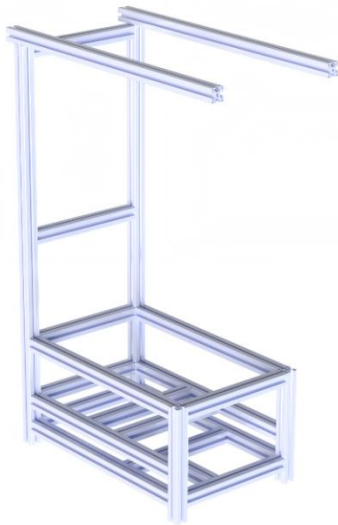


Abbildung 3 Gestell des Aufbaus aus Systemprofil Aluminium 30x30 mm²LED-Panel (Quelle: eigene Darstellung)

5.2 LED-Panel

An den oberen Auslegern des Rahmens ist ein LED-Panel aufgehängt (Abbildung 4). Das LED-Panel fungiert in diesem Aufbau als Durchlicht und ermöglicht es bei der Auswertung der Aufnahmen die Konturen der Bauteile deutlicher zu erkennen. Zusätzlich reduziert das Durchlicht Reflexe auf den Beuteln und verbessert so die Bildqualität. Ein positiver Nebeneffekt besteht in der verringerten Belichtungszeit je Aufnahme. Ein Schaumstoffkantenschutz vermindert das Verletzungsrisiko am LED-Panel.

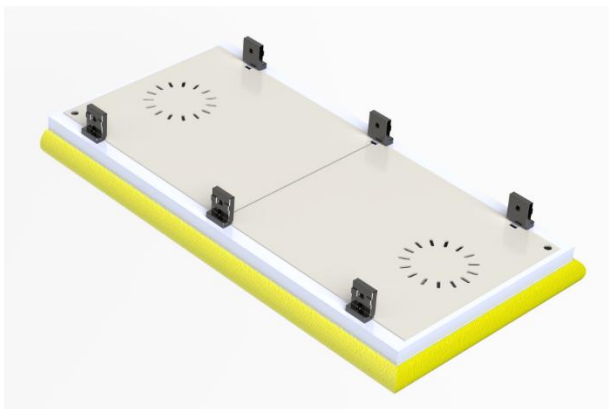


Abbildung 4 LED-Panel mit Halterungen für Systemprofile (schwarz), Abdeckungen der LED-Panel-Rückseite (beige) und Kantenschutz (gelb), um die Verletzungsgefahr zu minimieren. (Quelle: eigene Darstellung)

5.3 Dom-Beleuchtung, Kamera und Optik

Durch das Gegenlicht des LED-Panels sind die Konturen der Bauteile erkennbar. Die Struktur der Oberflächen ist jedoch zum Beispiel bei Schnorrscheiben relevant und muss somit in die Bildauswertung eingehen. Um negative Effekte durch Reflexion der Beutel zu reduzieren, ist es notwendig eine möglichst diffuse Lichtquelle zu verwenden. Dies wird mit einer

Dombeleuchtung (Abbildung 5) sichergestellt. Durch die indirekte Beleuchtung mit diffusem Licht werden Reflexe auf dem Beutel und den Objekten verringert und die Oberflächenstruktur kann von der Kamera (Teledyne FLIR Blackfly) erfasst werden. Das Objektiv ist mit Festbrennweite gewählt und weist eine verstellbare Blende auf.

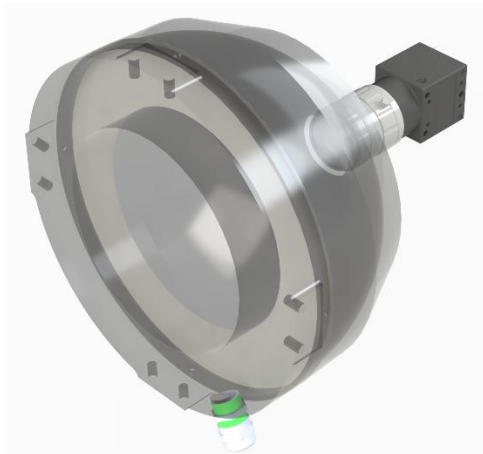


Abbildung 5 Dombeleuchtung (transparent), Kamera (schwarz) und Objektiv (grau); das Objektiv ist so positioniert, dass es durch eine Öffnung an der Rückseite in das Innere des Doms blickt. (Quelle: eigene Darstellung)

5.4 Schüttler

Wie in Abbildung 1 dargestellt, können sich die Bauteile gegenseitig verdecken. Dies stellt nicht nur für den menschlichen Betrachter ein Problem dar, sondern auch für die Kamera und die darauf aufbauende, KI-basierte Bewertung. Damit sich kleine Bauteile sicher vor den großen Bauteilen positionieren und sich große Bauteile nicht stapeln, ist eine Einflussnahme notwendig, die mit einem Kleinschüttler umgesetzt wird. Hierfür erfolgt nach jeder Bildaufnahme ein kurzer Schüttelvorgang, der wenige Sekunden lang ist und positioniert die Bauteile um. Da die Bildaufnahme von der Unterseite erfolgt, müssen die Beutel sich auf einer transparenten Fläche befinden. Dafür wurde ein Ausleger (Abbildung 6, grau) konstruiert, der die Verbindung zwischen Beutel und Schüttler herstellt. Der schwarze Aufbau (Abbildung 6) auf dem Ausleger dient der Positionierung der Beutel. Falls Beschäftigte einen Beutel ungenau positionieren, ermöglicht der Aufbau in Kombination mit dem Schüttler eine automatische Korrektur.

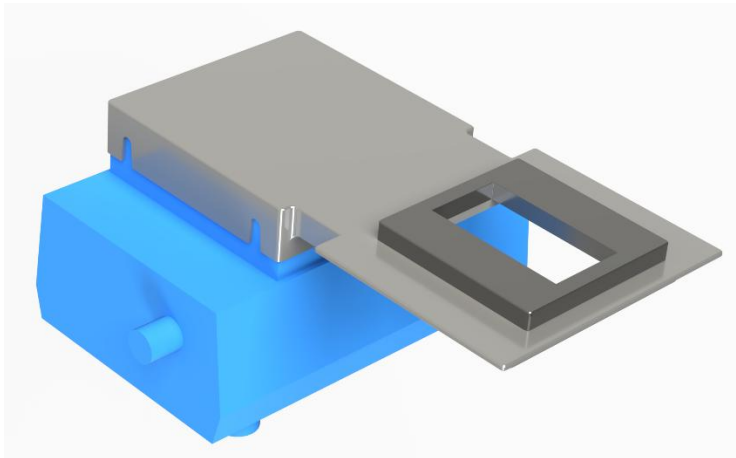


Abbildung 6 Kleinschüttler (blau) mit Ausleger (grau) und Positionierhilfe (schwarz) (Quelle: eigene Darstellung)

5.5 Gehäuse

Eine Abdeckung aus Plexiglasplatten schützt die Anwendenden vor einem elektrischen Schlag und schützt die internen Komponenten. Die Plexiglasplatten wurden bei den Wertachtal-Werkstätten entsprechend der Anforderungen des Aufbaus zugeschnitten, sodass eine aktive Mitwirkung der Beschäftigten der Werkstätten erfolgte. (Allerdings handelte es sich bei den Beschäftigten nicht um die Beschäftigten der Montagegruppe.)

6 Vision-Modell

Aufbauend auf dem beschriebenen Hardwaresystem wurde ein Bildverarbeitungs-verfahren trainiert, welches im Folgenden detaillierter beschrieben wird.

Die Erkennung der Bauteile im Beutel erfolgt durch ein nachtrainiertes YOLO11x-Modell (*You Only Look Once*). Dabei handelt es sich um ein KI-Modell basierend auf CNN (Convolutional Neural Network) das für Objekterkennung entwickelt wurde. Im Projekt wird eine Erweiterung, die zusätzlich zur Objekterkennung den Rotationswinkel der Bauteile erkennt und ausgibt, verwendet. Diese Eigenschaft ist hilfreich für die Modellgenauigkeit, da sich die Begrenzungsrechtecke weniger stark überlappen. Abbildung 7 zeigt exemplarisch einen Vergleich zwischen normalen und orientierten Begrenzungsrechtecken. Es fällt dabei deutlich auf, dass die orientierten Begrenzungsrechtecke die Schiffe besser umschließen. Bei einem Objekt-Erkennungsmodell wird eine Metrik verwendet, genannt Intersection over Union (IoU), diese vergleicht das geschätzte Begrenzungsrechteck mit dem tatsächlich vorhandenen Objekt. Je größer die Überlappung der Beiden, desto besser das Ergebnis. Im Beispielbild sind bei beiden Bildern die Begrenzungsrechtecke ideal positioniert. Dabei ist aber die IoU bei den orientierten Begrenzungsrechtecken deutlich besser.



Abbildung 7 Vergleich zwischen (a) „normalen“ Begrenzungsrechtecken und (b) orientierten Begrenzungsrechtecken; in beiden Bildern ist jedes Schiff von einem Begrenzungsrechteck umgeben, im linken Bild ist durch die hohe Überdeckung der Rechtecke die Zuordnung herausfordernd, im rechten Bild orientiert sich die lange Achse der Rechtecke an den Schiffen und verbessert die Übersichtlichkeit und die Genauigkeit (Quelle: Guan, Q., Qu, Z., Zeng, M., Shen, J., & Du, J. (2021). CGP Box: An effective direction representation strategy for oriented object detection in remote sensing images. *International Journal of Remote Sensing*, 42(17), 6666–6687. <https://doi.org/10.1080/01431161.2021.1941389>)

6.1 Datenerzeugung synthetischer Daten

Um einen möglichst großen Datensatz zu erhalten, erfolgt die Erstellung der Trainingsdaten synthetisch. Dazu werden Bilder von Objekten aufgenommen und die Objekte einzeln ausgeschnitten. Abbildung 8 zeigt eine Auswahl von ausgeschnittenen Bauteilen. Diese werden dann zufällig in einem Bild des Plastikbeutels positioniert, wie in Abbildung 9 zu sehen ist. Deutlich erkennbar in Abbildung 8 sind die Helligkeitsunterschiede in den einzelnen Kategorien abhängig von der Bildaufnahme-position. Dies repräsentiert im synthetischen Datensatz auch verschiedene Oberflächenzustände und macht das Modell robuster gegen Chargenwechsel.

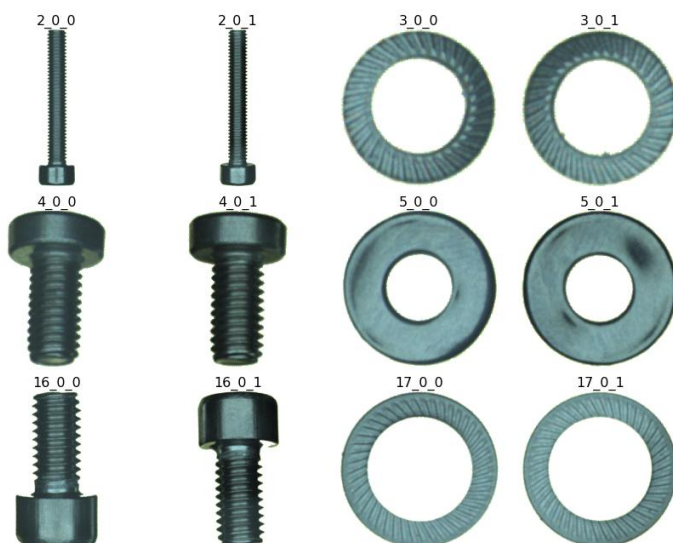


Abbildung 8 Auswahl verschiedener Bauteile mit unterschiedlicher Ausleuchtung (Quelle: eigene Darstellung)

Um das reale Verhalten der Beutelfüllung präzise in den Daten abzubilden, werden die Objekte dicht beieinander angeordnet. Kleine Bauteile, wie Scheiben, werden anschließend in einem zweiten Schritt platziert, um sicherzustellen, dass sie im Vordergrund erscheinen.

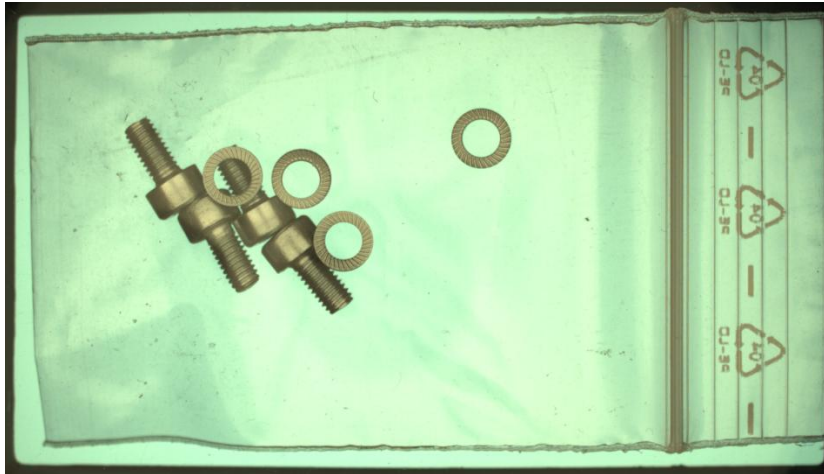


Abbildung 9 Beispiel für einen automatisch generierten Beutel (Quelle: eigene Aufnahme)

Mit dieser Datengrundlage ist es möglich dem Modell die verschiedenen Kategorien anzutrainieren.

6.2 Modelltraining

Das bestehende YOLO-Training ist äußerst flexibel gestaltet, da es für viele verschiedene Anwendungsfälle eingesetzt werden kann. Deshalb wurden verschiedene Features bzw. Eigenschaften deaktiviert, um das Training an den hier vorgestellten Anwendungsfall anzupassen. Es können bspw. beim Training Bilder skaliert werden, um eine möglichst große Varianz aus den Trainingsdaten zu erhalten. Für die Bewertung der Schraubenbeutel ist dies jedoch nicht erwünscht, da die Größe der Objekte ein wichtiger Indikator für die Kategorisierung ist. Bspw. müssen kleine Schrauben von großen Schrauben unterschieden werden, um eine korrekte Bewertung der Beutel zu ermöglichen.

Beim Modelltraining wurde mit 19 verschiedenen Bauteilen trainiert. Weitere Parameter des Modelltrainings, die von den Standardwerten abweichen, sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Tabelle 1 Parameterübersicht von Werten die von den Standardwerten abweichen.

Parameter	Wert
task	obb
model	yolo11x-obb.pt
epochs	500
time	18 (h)
patience	500
batch	0.7
imgsz	860
kobj	1.0
translate	0.0
scale	0

perspective	0.0001
mosaic	0.0
erasing	0
cfg	null

6.3 Modelloutput Interpretation

Ein YOLO-Modell gibt viele verschiedene Informationen der Bildauswertung zurück. Dazu gehört das Bild, welches ausgewertet wurde, eine Liste mit rechteckigen Umrandungen, die jedes gefundene Objekt einschließen, Außenkonturen der einzelnen Objekte und viele weitere Informationen wie Klassennummern und Konfidenzniveaus. Die Klassennummer gibt an, um welches Bauteil es sich handelt. Klasse 7 ist beispielsweise eine Flachkopfschraube M3x6 aus Edelstahl. Wir verwenden bei der Auswertung der Aufnahmen nur die Liste der Rechtecke, da bei jedem Rechteck auch die Klassennummer angehängt ist. Wir zählen also die Anzahl der Rechtecke je Klasse und erhalten so eine Tabelle, die mit der Soll-Befüllung der Beutel verglichen wird.

7 Ablauf der Qualitätskontrolle ohne Aufbau

Vor Beginn des Befüllprozesses stellte die Gruppenleitung den Beschäftigten zunächst eine einzelne Komponente zur Verfügung und definierte anhand eines vollständig bestückten Musterbeutels eine verbindliche Referenz für die korrekte Befüllung. Die Befüllung der Beutel erfolgte anschließend schrittweise in einem iterativen Verfahren: Zunächst wurde in jeden Beutel die erste Komponente eingelegt, anschließend die nächste, bis sämtliche vorgesehenen Komponenten vollständig verteilt waren. Nach Abschluss dieses Prozesses unterzog die Gruppenleitung jeden Beutel einer Sichtprüfung, um die Einhaltung der Referenzvorgabe zu überprüfen und gegebenenfalls Korrekturen vorzunehmen. Etwaige Auffälligkeiten wurden mündlich an einzelne Beschäftigte zurückgemeldet, wobei das Feedback nicht auf jeden einzelnen Beutel bezogen war, sondern allgemeiner formuliert wurde. Diese Rückmeldungen stellten ein zentrales Element zur Sicherung und Weiterentwicklung der Prozessqualität dar und waren zugleich Voraussetzung für eine gezielte persönlichen Weiterentwicklung.

8 Ablauf der Qualitätskontrolle mit Aufbau

Im Folgenden wird schrittweise die Auswertung eines Beutels in der Montagegruppe und die damit verbundene Interaktion mit dem Aufbau beschrieben.

Schritt 1: Die zu prüfende Beutelnummer wird durch den Beschäftigten in einem Bedienfeld auf der Benutzeroberfläche auf dem Monitor ausgewählt (Abbildung 10). Bei dem Monitor handelt es sich um einen Touchscreen, so dass das jeweilige Feld einfach mit dem Finger ausgewählt werden kann. Für Beschäftigte, für die die Auswahl eigenständig nicht möglich ist, wählt die Gruppenleitung die Beutelnummer aus.

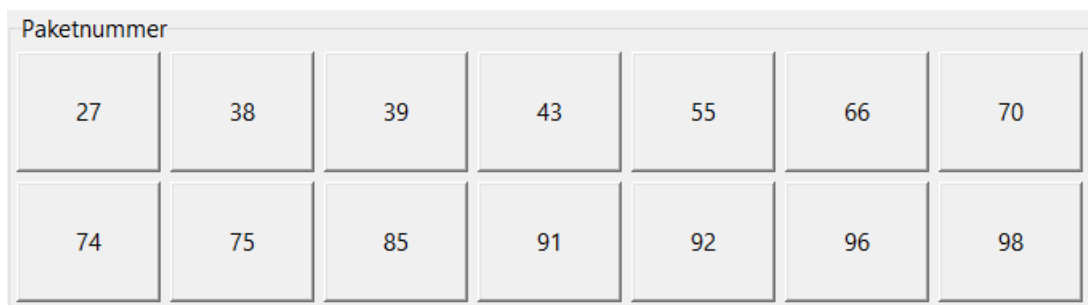


Abbildung 10 Ausschnitt der Benutzeroberfläche mit auswählbaren Beutelnummern (Quelle: eigene Aufnahme)

Schritt 2: Der zu prüfende Beutel wird auf den Ausleger der Schütteleinheit (Abschnitt 5.4) aufgelegt. Die Ablagefläche ist leicht zu erreichen und daher ist die Nutzung für Beschäftigten mit motorischen Einschränkungen möglich.

Die Anlage führt anschließend die Messung durch. Der Anwender muss weder die Auswertung starten noch in den Messprozess eingreifen, alles funktioniert automatisch. Die orange leuchtende Lampe der Ampel signalisiert dem Anwender, dass eine Auswertung durchgeführt wird. Während der Messung sieht die Benutzeroberfläche wie in Abbildung 11 dargestellt aus. Bei der Ampel handelt es sich um ein bekanntes Bewertungsverfahren und wurde daher anderen visuellen Feedback-Signalen wie dem Einsatz von Smileys vorgezogen.

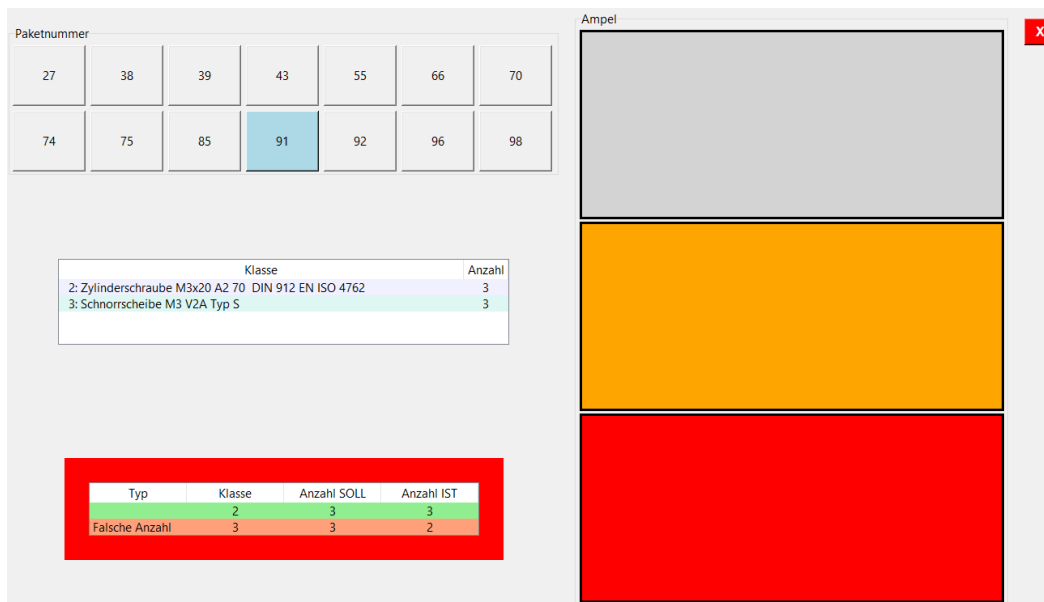
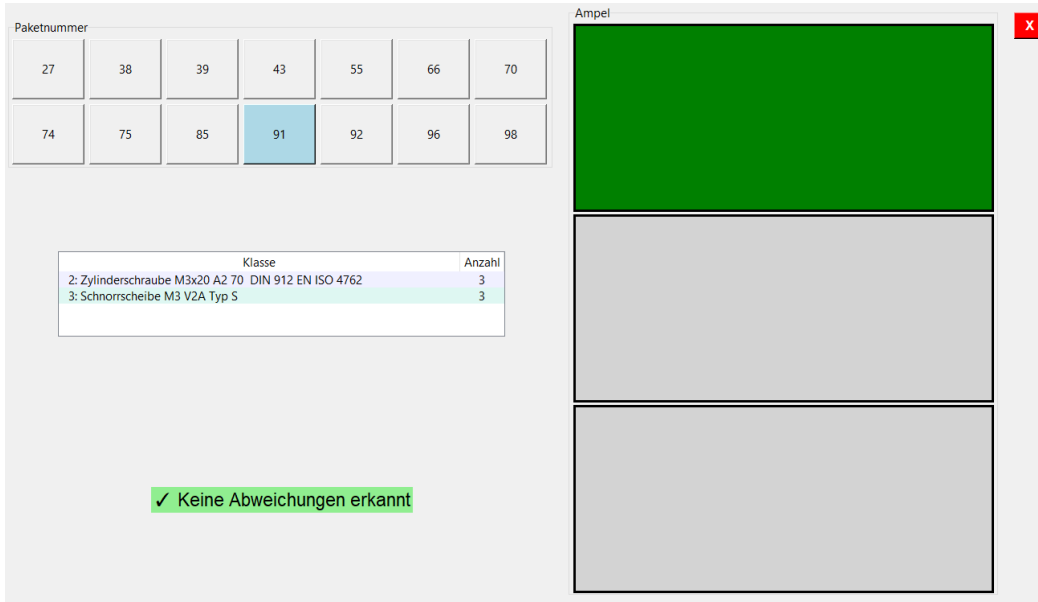


Abbildung 11 Die Benutzeroberfläche der Anwendung beim Durchführen einer Auswertung, die orangene Lampe der Ampel leuchtet. (Quelle: eigene Aufnahme)

Schritt 3: Die orangene Lampe der Ampel erlischt und signalisiert dem Beschäftigten dadurch die abgeschlossene Auswertung seiner Arbeit. Die Ampel wird nicht nur auf der Benutzeroberfläche dargestellt, sondern ebenfalls an der Ampel vorne am Aufbau, sodass die Bewertung intuitiv verstanden werden kann.

Schritt 4: Abhängig vom Auswertungsergebnis leuchtet nun die grüne oder rote Lampe der Ampel auf.



Paketnummer

27	38	39	43	55	66	70
74	75	85	91	92	96	98

Ampel x

Klasse	Anzahl
2: Zylinderschraube M3x20 A2 70 DIN 912 EN ISO 4762	3
3: Schnorrscheibe M3 V2A Typ S	3

✓ Keine Abweichungen erkannt

Abbildung 12 Benutzeroberfläche nach positiver Beutelprüfung (Quelle: eigene Aufnahme)

Schritt 5: Beutel von Schüttleinheit entnehmen und entsprechend des Ergebnisses aus Schritt 4 ablegen. Die Anlage erkennt die Entnahme des Beutels automatisch, setzt sich zurück und ermöglicht eine Folgemessung.

Damit ist für diesen Prüfschritt die Interaktion mit dem Aufbau abgeschlossen und der Beschäftigte handelt entsprechend des Assistenten.

Fall A: Die grüne Lampe leuchtet auf und suggeriert, der Beutel wurde vollständig und fehlerfrei befüllt. Gleichzeitig stellt die Benutzeroberfläche, wie sie in Abbildung 12 zu sehen ist, ein positives Prüfergebnis dar. Der Beutel wird so abgelegt, dass er an den Kunden verschickt werden kann. In diesem Fall wird die Gruppenleitung nicht benötigt und der Beschäftigte kann seine Arbeit am Beutel selbstständig abschließen.

Fall B: Die rote Lampe leuchtet auf und suggeriert dem Beschäftigten, dass ihm ein Fehler unterlaufen ist, welchen der Beschäftigte nun eigenständig erkannt hat. In diesem Fall benötigt der Beutel eine Weiterverarbeitung. Diese kann in der überwiegenden Anzahl der Fälle nicht durch den Beschäftigten erfolgen. Daher endet der Prozess hier für den Beschäftigten mit der Ablage des als fehlerhaft erkannten Beutels. Später wird die Gruppenleitung die Beutel manuell berichtigen. In Abbildung 8 ist zu erkennen, wie schwer beispielsweise die Unterscheidung der einzelnen Scheiben ist.

9 Darstellung des Mehrwerts in der Gruppe

Durch den neuen Bewertungsvorgang mit Hilfe des Arbeitsplatzes zu Qualitätskontrolle mit KI-Assistenz erhalten die Beschäftigten direkt visuelle Rückmeldung zu ihrer Arbeit. Vorher hatten die Beschäftigten keine Rückmeldung, dass sie ihre Aufgaben adäquat durchgeführt haben. Da die Beschäftigten sehr gut im manuellen Prozess des Befüllens der Beutel sind, ist wie auch in der Vergangenheit schon zu erwarten, dass sie in der überwiegenden Anzahl der Fälle keine Fehler beim Befüllen machen und grünes Licht für die eigene Arbeit bekommen.

In Zusammenarbeit mit Wertachtal wurde besprochen, dass die Einführung und Schulung im Umgang mit dem neuen Arbeitsplatz zur Qualitätskontrolle individuell durch die Gruppenleitung erfolgt. Hintergrund sind die hoch individuellen Bedürfnisse auf Grund der verschiedenen Beeinträchtigungen der Beschäftigten in der Gruppe. Im ersten Schritt werden einzelne Beschäftigte durch die Gruppenleitung eingelernt mit der Qualitätskontrolle zu arbeiten. Wichtig ist hierbei der Begleitung durch die Gruppenleitung. Diese stellt dar, dass ein grünes Licht bedeutet „Dein Beutel geht ohne weitere Kontrolle durch mich zum Kunden“. Während rotes Licht bedeutet, an diesem Beutel wird weitergearbeitet und „Es ist gut, dass dir selbst dein Fehler aufgefallen ist.“

10 Ausblick

Welche nächsten Schritte folgen, ist aktuell nicht definiert und abhängig davon, wie der langfristige Einlernprozess verläuft. Denkbar ist das Beschäftigte auch die Beutel, die ihre Kollegen bestücken prüfen. Denn trotz des hohen Inklusionsfokus werden nicht alle Beschäftigten der Gruppe angelernt werden können, den Aufbau zu nutzen. Bei diesem Vorgehen ist es wichtig, den Erfolg der Gruppe die eigene Arbeit zu bewerten in den Fokus zu stellen.

Ein alternativer oder ergänzender nächster Schritt ist die gemeinsame Weiterentwicklung des Aufbaus in Zusammenarbeit von den Wertachtal-Werkstätten und dem IDF, um weitere Beutel mit dem System bewerten zu können. Perspektivisches Ziel ist ein No-Code-Ansatz zum Einlernen neuer Beutel durch die Gruppenleitung und die noch inklusivere Gestaltung des Aufbaus.

11 Transferaktivitäten

Für die Vorstellung der Ergebnisse in der Region, fand am 24.06.2025 eine Transferveranstaltung bei den Wertachtal-Werkstätten für eingeladene Gäste statt. Neben Mitarbeitern und Beschäftigten der Wertachtal-Werkstätten waren unter anderem der Inklusionskoordinator des Ostallgäus Dr. German Penzholz, Vertreter der Industrie, anderer Werkstätten und der Wissenschaft anwesend.



Abbildung 13: Vorstellung des Systems den Vertretern der Lebenshilfe Werkstatt GmbH aus München – Geschäftsführer Matthias Heinau (links außen) und Herrn Luka Leon Schulz (Zweiter von links) beim Transferevent am 24.06.2025. (Quelle: Foto von Julia Hammerstiel, Lebenshilfe Ostallgäu-Kaufbeuren e.V.)

Auf Grund von Verzögerungen durch ein defektes Bauteil ist die Veröffentlichung der Ergebnisse zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht erfolgt, befindet sich jedoch in der Vorbereitung.

Neben der Veröffentlichung des Aufbaus und des Bewertungsmodells ist die Übertragung der Ergebnisse in weitere Projekte mit den Wertachtal-Werkstätten oder auch anderen Werkstätten für Menschen mit Beeinträchtigung geplant. Aktuell befindet sich eine Skizze zur *Stärkung der Resilienz von inklusiven Arbeitsgruppen durch den Einsatz KI-basierter Assistenzsysteme und Robotiklösungen* in Zusammenarbeit mit dem Institut für digitale Transformation in Arbeit, Bildung und Gesellschaft (IDT) in der Begutachtung. Eingereicht wurde die Skizze in der Förderausschreibung Arbeitshandeln für Kreativität, Innovation und resiliente Wertschöpfung (AKIRes) des Bundesministeriums für Forschung, Technologie und Raumfahrt. Weitere Forschungsprojekte zur Erforschung vom inklusiven Einsatz von KI werden angestrebt.