optonic
vision · automation

Feldbus Schnittstelle

mikado

Version 3.4

Ein Produkt von Optonic
www.mikado-robotics.de

Optonic GmbH | Zollhallenstr. 11 | 79106 Freiburg | Deutschland/Germany
Tel.: +49 761-79095-0 | E-Mail: info@optonic.com
© Copyright Optonic GmbH, 2015-2025

Inhaltsverzeichnis

1 Kurzbeschreibung der Schnittstelle **3**

2 Genereller Ablauf der Kommunikation **3**

3 Status der Kommunikation **4**
3.1 LifeBit . . . 4
3.2 Mikado-Status . . . 5

4 Synchronisieren von SPS-Variablen und Mikado-Variablen **5**

5 Rotations-Konvention **6**

6 Fehler-Codes **7**

7 Kommandos **10**
7.1 Programm spezifische Kommandos . . . 10
7.2 Allgemeine Kommandos . . . 11

8 Beispielablauf für Select-Zellen **13**

9 Aktualisierungen der Feldbus-Schnittstelle **14**
9.1 Version 3.1.0 . . . 14
9.2 Version 3.1.2 . . . 15

10 Standard-Feldbus-Schnittstelle **15**
10.1 Byte-Reihenfolge . . . 15
10.2 Feldbus-Datentypen . . . 15
10.3 Standard-Wortbelegung . . . 15

11 Spezifische Konfiguration für Profinet **17**
11.1 GSDML . . . 17
11.2 Standard-Feldbus-Schnittstelle . . . 17

12 Spezifische Konfiguration für EtherCAT **17**
12.1 Schnittstellenbeschreibung . . . 17
12.2 Standard-Feldbus-Schnittstelle . . . 18

13 Spezifische Konfiguration für EtherNet/IP **18**
13.1 Schnittstellenbeschreibung . . . 18
13.2 Standard-Feldbus-Schnittstelle . . . 18

14 Spezifische Konfiguration für Beckhoff ADS-Schnittstelle **19**
14.1 Datentypen . . . 19
14.2 Konfiguration . . . 19

15 Changelog **21**

1 Kurzbeschreibung der Schnittstelle

Über die Feldbus-Schnittstelle können die Kernfunktionen von Mikado aufgerufen werden. Dabei wird unterschieden zwischen allgemeinen Funktionen und Funktionen zur Steuerung eines geladenen Mikado-Programms.

Allgemeine Funktionen

- Durchführen der Hand-Auge-Kalibrierung.

Funktionen zur Steuerung eines Mikado-Programms

- Starten und Stoppen des Mikado-Programms bzw. einer einzelnen Sequenz innerhalb des Mikado-Programms.
- Die Synchronisation von Mikado-Variablen mit der SPS.

2 Genereller Ablauf der Kommunikation

Die Kommunikation wird realisiert mittels Kommandos (siehe *Kommandos*) die von SPS an Mikado gesendet werden. Der Status der Kommunikation wird mittels Status-Bits beschrieben (siehe *Status der Kommunikation*). Die folgende Ablaufbeschreibung gilt für alle Kommandos. Bedingung für die Kommunikation ist die vollständige Betriebsbereitschaft des Mikado-Systems. Das wird durch `OutReadyBit = 1` signalisiert und ist in der Mikado-Oberfläche anhand des **Systemstatus** abzulesen.

Tab. 1: Genereller Ablauf der Kommunikation

Zeit	**SPS**	**Mikado**
$< t_1$	Warte auf `OutReadyBit = 1` Warte auf `OutBusyBit = 0` Parameter setzen	Warten auf Kommando
t_1	`InCmd` setzen Warte auf `OutBusyBit = 1`	

t_2		`OutErrorCode = 0`
		`OutBusyBit = 1` (Feldbus-Adapter verarbeitet Befehl)
		Nur beim Start des Programms / einer Sequenz:
		`OutRunningBit = 1`

t_3	`InCmd` zurücksetzen auf `0` Warte auf `OutBusyBit = 0`	
t_4		`OutErrorCode` schreiben `OutBusyBit = 0` (Feldbus-Adapter hat Befehl verarbeitet)
t_5	Lesen von `OutErrorCode` ***Nur nach Start des Programms / einer Sequenz:*** Warte auf `OutRunningBit = 0`	
t_6	***Nur nach Start des Programms / einer Sequenz:*** Lesen von `OutErrorCode`	***Nur wenn zuvor ein Programms / eine Sequenz gestartet wurde:*** `OutRunningBit = 0` (MIK-Programm endet)
ab hier	ggf. Lesen von Variablen	

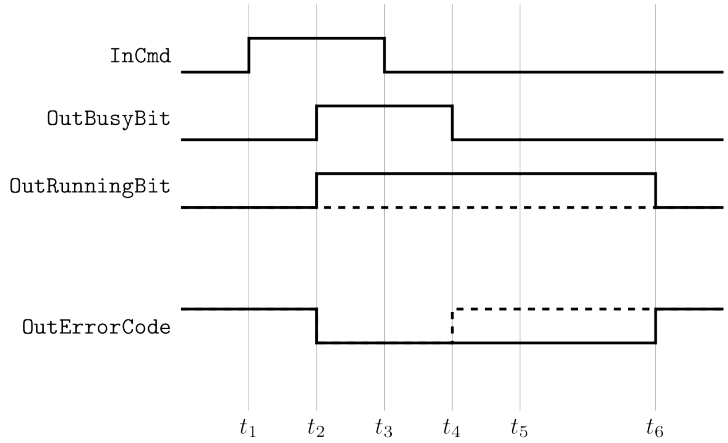

Abb. 1: Signalverlauf allgemein, alternative Verläufe gestrichelt

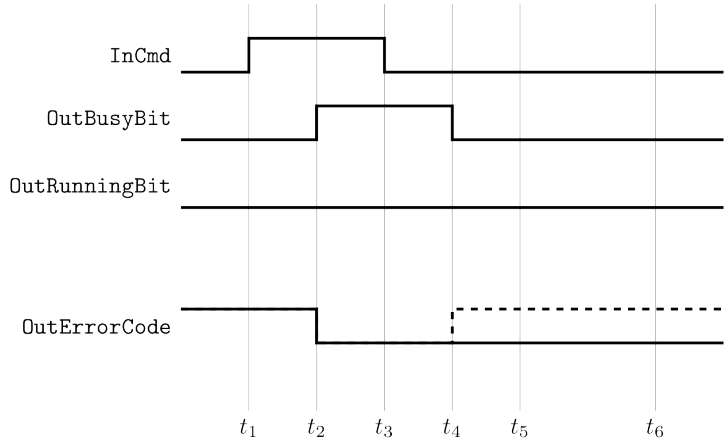

Abb. 2: Signalverlauf für Kommandos wie StartCalib, CaptureCalib, FinishCalib

- Wird ein Kommando gesetzt (`InCmd` $\neq$ `0`), antwortet Mikado mit `OutBusyBit = 1` und setzt zunächst den `OutErrorCode` zurück. Auf `OutBusyBit = 1` antwortet die SPS mit `InCmd = 0` und wartet dann auf `OutBusyBit = 0`.
- Die SPS wertet den `OutErrorCode` aus. Wenn dieser den Wert 0 hat, ist das Kommando erfolgreich ausgeführt worden.
- Nur bei Kommando `RunMikadoProg` und `StartSequence` wird `OutRunningBit = 1`. Das `OutRunningBit` signalisiert, dass Mikado das aktuelle Programm abarbeitet. Sobald `OutRunningBit = 0` wird, können der Fehlercode `OutErrorCode` und ggf. weitere Output-Variablen ausgelesen werden.

3 Status der Kommunikation

3.1 LifeBit

Um den Status der Kommunikation zwischen Mikado und SPS zu überprüfen wird ein LifeBit verwendet. Dabei liest die SPS den Wert von `OutLifeBit` und schreibt diesen unverändert auf `InLifeBit`. Der Feldbusadapter liest den Wert von `InLifeBit` und schreibt den negierten Wert auf `OutLifeBit`. Verändert sich der Wert von `OutLifeBit` nicht regelmäßig, gilt die Kommunikation als unterbrochen und ein entsprechender Fehler wird im Mikado-Status angezeigt.

3.2 Mikado-Status

Der Status von Mikado wird mittels drei verschiedener Bits an die SPS übertragen. Folgende Tabelle fasst die Bedeutung der einzelnen Bits zusammen.

Tab. 2: Bedeutung der einzelnen Status-Bits

Name	Erläuterung	Wert
`OutBusyBit`	Status des Feldbus-Adapters.	True = Kommando wird verarbeitet. False = Adapter ist bereit neues Kommando entgegenzunehmen
`OutReadyBit`	System-Status von Mikado.	True = Mikado betriebsbereit False = Mikado nicht bereit
`OutRunningBit`	Programm-Status von Mikado	True = Mikado-Programm läuft (entspricht in Mikado: Grün oder Gelb) False = Programm läuft nicht (entspricht in Mikado: Orange, Rot oder Grau)

Bemerkung: Neue Kommandos werden nur entgegengenommen, wenn `OutBusyBit` = False

4 Synchronisieren von SPS-Variablen und Mikado-Variablen

SPS-Variablen können auf Mikado-Variablen abgebildet werden und umgekehrt. Das Mapping zwischen SPS-Variablen und Mikado-Variablen kann im Mikado-Assistant unter „Schnittstellen“ angepasst und erweitert werden. Für die verschiedenen, unterstützten Kommunikationsprotokolle (ADS, EtherCAT, EtherNet/IP, Profinet) stehen entsprechende Einrichtungsseiten zu Verfügung. Die standardmäßige Feldbus-Konfiguration neu erstellter Zellen enthält alle notwendigen Einträge für die Ausführung der Kommandos.

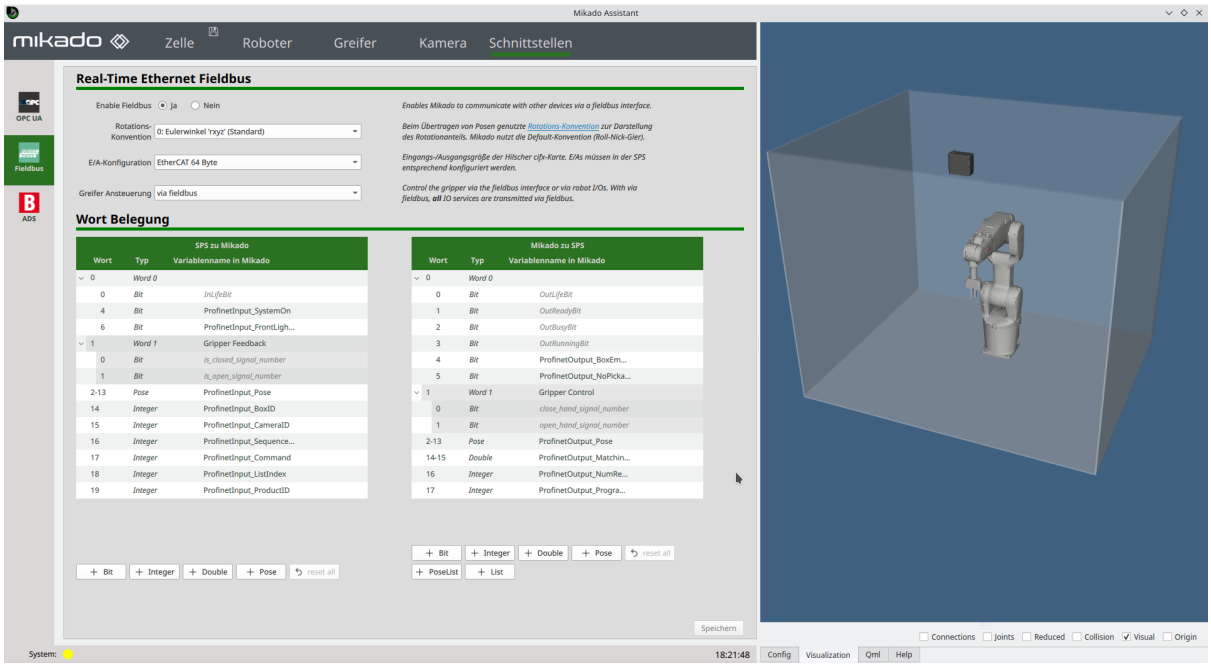

Abb. 3: Assistant zum Anpassen der Wortbelegung und synchronisierter Variablen via Feldbus

Die Feldbus-Konfiguration wird in der Konfigurationsdatei `config/profinet.yaml` bzw. `config/ads.yaml` gespeichert. Die Datei ist folgendermaßen aufgebaut:

```yaml
inputs:  # list of synchronized variables PLC -> Mikado
    - name: <VariableID>  # internal unique ID
      type: <VariableType>  # type of variable, e.g. Bool, Double, Pose, ...
      # Mikado address:
      mikadoVarName: <VariableNameMikadoSide> # variable name in Mikado as stated on␣
↪Edit>Variables page
      # Fieldbus address:
      word: <AddressProfinetSide>  # only applicable for Profinet / EtherCAT /␣
↪EtherNet/IP variables
      bit: <AddressProfinetSide>   # only applicable for Profinet / EtherCAT /␣
↪EtherNet/IP variables of type 'Bool'
      listSize: <size of list>     # only applicable for Profinet / EtherCAT /␣
↪EtherNet/IP variables of type 'PoseList or StringList'
      remoteName: <VariableNameAdsSide>  # only applicable for ads variables
    - ...
outputs:  # list of synchronized variables Mikado -> PLC
    - ...
```

Alle in dieser Dokumentation erwähnten Namen von synchronisierten Variablen beziehen sich auf <`VariableID`>. Ist beispielsweise vom Einlesen der Variable `InSequenceID` die Rede, wird davon ausgegangen, dass die verwendete Konfigurationsdatei einen Eintrag `name: InSequenceID` enthält.

5 Rotations-Konvention

Die Rotations-Konvention legt fest, wie die Ausrichtung von Posen auf die Schnittstelle übertragen bzw. von der Schnittstelle gelesen wird. Die Ausrichtung wird dabei immer in Form von Eulerwinkeln angegeben, welche jedoch je nach Konvention auf unterschiedliche Weise interpretiert werden können (siehe unten).

Die Rotations-Konvention wird jeweils angegeben als eine Kombination aus vier Buchstaben: **r** (**r**elativ, intrinsisch, gedrehtes Koordinatensystem) oder **s** (**s**tatisch ,extrinsisch, feststehendes Koordinatensystem) gefolgt von der Reihenfolge der drei Rotationsachsen **x/y/z**. Es ergeben sich somit theoretisch 24 verschiedene Kombinationen, in denen die Ausrichtung von Posen in Eulerwinkeln dargestellt werden kann.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Rotations-Konventionen für einige Roboterhersteller aufgeführt. Die Konvention muss passend zum verwendeten Roboter im Mikado Assistant unter dem Reiter „Schnittstellen“ eingestellt werden, damit die Ausrichtung von Posen korrekt interpretiert werden kann.

Mikado verwendet als Standard die Konvention *rxyz* (Roll-Nick-Gier / RPY). Bei Auswahl dieser Konvention werden die Mikado-Posen unverändert an die Schnittstelle weitergegeben. Bei Auswahl einer anderen Einstellung wird der Rotationsanteil einer Pose von der Schnittstelle in das entsprechende Format konvertiert.

Eine besondere Stellung nimmt die Rotations-Konvention *uvw* ein, welche von Universal Robots nativ verwendet wird. Anstatt diese Roboterseitig in Eulerwinkel umzurechnen, kann diese durch das Wählen der entsprechenden Konvention direkt verwendet werden. Die Parameter **u**, **v** und **w** stellen dabei einen Vektor dar, um welchen gedreht wird. Die Art der Rotationsbeschreibung entspricht der *Axis–Angle Representation*.

Tab. 3: Unterstützte Konventionen

ID	Konvention	Roboterhersteller	R1	R2	R3
0	*rxyz*	(Standard) Stäubli	*X* (Roll)	*Y‘* (Nick/Pitch)	*Z“* (Gier/Yaw)
1	*sxyz*	Fanuc Yaskawa Motoman Universal Robots Fruitcore Mitsubishi Techman	*X* (A)	*Y* (B)	*Z* (C)
2	*rzyx*	Kuka ABB Nachi	*Z* (A)	*Y‘* (B)	*X“* (C)
3	*rzyz*	Doosan Kawasaki Omron	*Z*	*Y‘*	*Z“*
4	*uvw*	Universal Robots	*U*	*V*	*W*

6 Fehler-Codes

Das Ausgangs-Wort `OutErrorCode` kodiert Fehlermeldungen. Die folgende Tabelle fasst alle möglichen Fehlercodes zusammen und erläutert jeweils ihre Bedeutung sowie empfohlene Maßnahmen zur Behebung.

Tab. 4: Mögliche Fehlermeldungen

Code	Fehlername	Beschreibung	Empfohlene Maßnahme
0	`NoError`	Ausgangszustand. Es liegt kein Fehler vor	-
>0	Fehler im Mikado-Programm	Projektspezifischer Fehler im Mikado-Programmablauf	Details siehe Mikado-Programm bzw. projektspezifische Dokumentation
-1	`ServiceCallFailed`	Aufruf eines Kommandos ist durch einen internen Fehler gescheitert.	Mikado Support kontaktieren
-4	`NoReplyValue`	Keinen Rückgabe-Wert erhalten (interner Fehler)	Mikado Support kontaktieren
-5	`TooManyReplyValues`	Anzahl der Rückgabewerte höher als erwartet (interner Fehler)	Mikado Support kontaktieren
-6	`FatalErrorMikadoProgram`	Mikado-Programm hat einen fatalen Fehler. Die Ausführung des Programms kann von dieser Stelle aus nicht fortgesetzt werden.	Mikado-Programm zurücksetzen und Programm / Sequenz erneut starten
-8	`UnknownCommand`	Unbekanntes Kommando aufgerufen	`InCmd` überprüfen. Gültige Kommandos siehe *Kommandos*.
-9	`LifebitClientMissing`	Lifebit des Clients wurde nicht erkannt.	Feldbus-Verbindung zwischen Mikado und dem Kommunikationspartner und Konfiguration des `LifeBit` überprüfen
-11	`TriggeringFailed`	Aufruf einer Mikado-Sequenz fehlgeschlagen. Dies kann beispielsweise auftreten, wenn Mikado nicht betriebsbereit ist oder bereits ein Programm ausgeführt wird.	Sicherstellen, dass Mikado betriebsbereit ist (`ReadyBit = true`) und dass nicht bereits ein Programm ausgeführt wird (`RunningBit = false`)
-12	`ReadingVariableFailed`	Interner Fehler beim Lesen von Daten der Feldbus-Schnittstelle	Mikado Support kontaktieren
-13	`WritingVariableFailed`	Interner Fehler beim Schreiben von Daten zur Feldbus-Schnittstelle	Mikado Support kontaktieren

Tab. 5: Mögliche Fehlermeldungen, Fortsetzung

Code	Fehlername	Beschreibung	Empfohlene Maßnahme
-15	`CancelCalibrationFailed`	Abbrechen einer bereits gestarteten Kalibrierung fehlgeschlagen	Sicherstellen, dass Kalibrierung zuvor gestartet wurde (*StartCalib*) und kein Programm ausgeführt wird (`RunningBit = false`)
-16	`CaptureForCalibrationFailed`	Kommando *CaptureCalib* ist fehlgeschlagen. Aufnahme für laufende Kalibrierung nicht erfolgreich	Sicherstellen, dass Kalibrierung zuvor gestartet wurde (*StartCalib*) und kein Programm ausgeführt wird (`RunningBit = false`)
-17	`FinishCalibrationFailed`	Kommando *FinishCalib* ist fehlgeschlagen. Kalibrierung berechnen und speichern war nicht erfolgreich	Sicherstellen, dass Kalibrierung zuvor gestartet wurde (*StartCalib*) und kein Programm ausgeführt wird (`RunningBit = false`)
-18	`StartCalibrationFailed`	Kommando *StartCalib* ist fehlgeschlagen. Kalibrierung konnte nicht gestartet werden	Sicherstellen, dass nicht bereits eine Kalibrierung läuft und kein Programm ausgeführt wird (`RunningBit = false`)
-19	`SequenceDoesNotExist`	Kommando *StartSequence* ist fehlgeschlagen. Mikado Sequenz mit der übergebenen ID existiert nicht	`SequenceID` überprüfen und Kommando *StartSequence* mit einer gültigen ID aufrufen
-20	`MissingConfigurationItem`	Ungültige Feldbus-Konfiguration. Ein erforderlicher Eintrag ist nicht vorhanden.	Mikado Support kontaktieren
-60	`RetryErrorMikadoProgram`	Mikado-Programm hat einen Fehler aber die Ausführung kann wiederholt werden. Dies kann auftreten, wenn die Verbindung zum Roboter oder zur Kamera kurzzeitig unterbrochen wird, während Mikado gerade eine Aktion ausführen möchte.	Kommando *RunMikadoProg* ausführen. In vielen Fällen ist die Ursache des Fehlers bis zum Wiederholversuch bereits automatisch behoben worden und der Ablauf kann erfolgreich fortgesetzt werden. Falls nicht, wird erneut ein Fehler ausgelöst.
-61	`RetryActionErrorMikadoProgram`	Roboterbewegung fehlgeschlagen. Ein Fahrbefehl von Mikado konnte nicht erfolgreich vom Roboter ausgeführt werden. Dies kann auftreten, wenn die Verbindung zum Roboter verloren geht oder dieser unerwartet gestoppt wird, beispielsweise durch einen Fehler oder einen Sicherheits-Stopp (Not-Aus)	Falls vorhanden, zunächst die Ursache des unerwarteten Stopps beheben und dann Kommando *RunMikadoProg* ausführen. Der Ablauf wird fortgesetzt. Wenn die Bewegung weiterhin nicht erfolgreich ausgeführt werden kann, wird erneut ein Fehler ausgelöst.
-100	`UnexpectedError`	Unerwarteter Fehler aufgetreten	Mikado Support kontaktieren

7 Kommandos

Alle Kommandos haben mindestens `OutErrorCode` als Rückgabewert. Einige Kommandos haben zusätzliche Eingabe- und Rückgabewerte. In der Detailbeschreibung der Kommandos sind die zusätzlichen Eingabe- und Rückgabewerte aufgeführt, sofern existent.

Bemerkung: Die Eingabewerte müssen **vor** dem Setzen des Kommandos am Feldbus anliegen damit sie berücksichtigt werden können. Die Rückgabewerte liegen am Feldbus an, sobald `OutBusyBit == 0` ist und die Konfigurationsdatei die entsprechenden Einträge enthält (siehe *Synchronisieren von SPS-Variablen und Mikado-Variablen*).

Folgende Tabelle listet alle verfügbaren Kommandos auf:

Tab. 6: Verfügbare Kommandos

`InCmd`	**Kommandoname**	**Beschreibung**
0	`Idle`	Wartezustand
Programm spezifische Kommandos		
1	*RunMikadoProg*	Mikado-Programm ab dem aktuellen Task starten/fortsetzen
2	*StartSequence*	Eine bestimmte Sequenz des Mikado-Programms starten. Hierfür muss SequenceID zuvor gesetzt sein
3	*PauseMikadoProg*	Ablauf nach Ausführung des aktuellen Tasks anhalten
4	*StopMikadoProg*	Mikado-Programm stoppen
5	*ResetMikadoProg*	Mikado-Programm stoppen und alle Variablen und Zustände im Mikado zurücksetzen
Allgemeine Kommandos		
8	*StartCalib*	Hand-Auge-Kalibrierung starten
9	*CaptureCalib*	Löst eine Bildaufnahme und Messung des Kalibriermusters aus
10	*FinishCalib*	Hand-Auge-Kalibrierung berechnen und speichern
11	*readPoseAndPublishTool0*	Setzt die Pose des Roboterflanschs in Mikado
14	*CancelCalib*	Hand-Auge-Kalibrierung abbrechen

7.1 Programm spezifische Kommandos

Programm spezifische Kommandos beziehen sich auf das aktuelle Mikado-Programm und können nur ausgeführt werden, wenn ein Programm geladen ist. Diese Kommandos haben keine zusätzlichen Rückgabewerte. Die gewünschten Ergebnisse hängen von der Implementierung im Mikado-Programm ab und werden individuell über die synchronisierten Variablen kommuniziert (siehe hierzu *Synchronisieren von SPS-Variablen und Mikado-Variablen*).

Andersherum kann das Verhalten des Mikado-Programms über den Feldbus beeinflusst werden, indem synchronisierte Variablen als Inputs für Tasks im Mikado-Programm verwendet werden. Dabei ist zu beachten, dass das Auslesen einer im Mikado-Programmablauf als Task-Input verwendeten synchronisierten Variable zum Zeitpunkt der Task-Ausführung geschieht. Deshalb sollten synchronisierte Variablen auf SPS-Seite nur geändert werden, wenn kein Mikado-Programm läuft.

Bemerkung: Um Fehlverhalten im Programmablauf zu vermeiden sollten synchronisierte Variablen auf SPS-Seite nur geändert werden, wenn kein Mikado-Programm läuft (`OutRunningBit = 0`).

RunMikadoProg

Mit diesem Kommando wird das aktuelle Mikado-Programm gestartet oder fortgesetzt. Nach erfolgreicher Ausführung des Kommandos wechselt das `RunningBit = True` und signalisiert das laufende Mikado-Programm. Sobald dieses von Mikado zurückgesetzt wird, können die synchronisierten Variablen ausgewertet werden.

StartSequence

Mit diesem Kommando wird die Mikado-Sequenz mit der in Wort `SequenceID` hinterlegten ID ausgeführt. Die ID einer Sequenz lässt sich ab Programm-Version 3 in dem Textfeld rechts neben dem Sequenz-Namen einstellen. In früheren Programm-Versionen muss der Sequenz-Name gleich der gesendeten ID sein, beispielsweise die Ganzzahl ‚42'.

Nach erfolgreicher Ausführung des Kommandos wechselt das `RunningBit = 1` und signalisiert das laufende Mikado-Programm. Sobald dieses von Mikado zurückgesetzt wird, können die synchronisierten Variablen ausgewertet werden.

Tab. 7: Zusätzliche Eingabe- und Rückgabewerte

Eingabewert		**Rückgabewert**
`InSequenceID`	ID der zu startenden Sequenz	*keine*

PauseMikadoProg

Mit diesem Kommando wird die Ausführung des aktuellen Programms pausiert.

StopMikadoProg

Mit diesem Kommando wird die Ausführung des aktuellen Programms gestoppt.

ResetMikadoProg

Mit diesem Kommando wird die Ausführung des aktuellen Programms gestoppt und der Zustand des Programms und aller Variablen werden zurückgesetzt.

7.2 Allgemeine Kommandos

Allgemeine Kommandos können unabhängig vom Mikado-Programm ausgeführt werden. Die Rückgabewerte liegen auf der in der Konfigurationsdatei definierten Adresse an, sobald `OutBusyBit == 0`.

StartCalib

Mit diesem Kommando wird die Hand-Augen-Kalibrierung gestartet.

Tab. 8: Zusätzliche Eingabe- und Rückgabewerte

Eingabewert		**Rückgabewert**
`InCameraID`	ID der zu verwendenden Kamera	*keine*
`InFrontLightOn`	Licht während der Kalibrierung anschalten?	

CaptureCalib

Mit diesem Kommando werden Posen für die Hand-Augen-Kalibrierung gesammelt. Der Kalibrierungsprozess muss vorher durch das Kommando `StartCalib` gestartet worden sein. Es sollten zwischen 10 und 20 Posen gesammelt werden. Dieses Kommando muss dementsprechend häufig ausgeführt werden.

Tab. 9: Zusätzliche Eingabe- und Rückgabewerte

Eingabewert		**Rückgabewert**
`InPose`	Derzeitige Tool0-Pose	*keine*

Beispielablauf:

- Roboter fährt eine Pose an
- SPS schreibt die aktuelle Flanschpose (tool0) auf `InPose`
- Das Kommando `CaptureCalib` wird ausgelöst
- Mikado liest die aktuelle Roboterpose von `InPose` und führt eine Bildaufnahme durch

FinishCalib

Mit diesem Kommando wird die Hand-Augen-Kalibrierung berechnet. Dies ist der letzte Schritt im Prozess der Hand-Augen-Kalibrierung. Dies erfolgt nach einer ausreichenden Anzahl von gesammelten Patternposen mit Hilfe von `CaptureCalib`.

Tab. 10: Zusätzliche Eingabe- und Rückgabewerte

Eingabewert	**Rückgabewert**	
keine	`OutCalibMaxDist`	Maximaler Posen Fehler Distanz
	`OutCalibMeanDist`	Mittlerer Posen Fehler Distanz
	`OutCalibMeanX`	Mittlerer Posen Fehler x
	`OutCalibMeanY`	Mittlerer Posen Fehler y
	`OutCalibMeanZ`	Mittlerer Posen Fehler z
	`OutCalibMeanAngle`	Mittlerer Posen Fehler Winkel

CancelCalib

Mit diesem Kommando wird die Hand-Augen-Kalibrierung abgebrochen.

readPoseAndPublishTool0

Bemerkung: Dieses Kommando findet in der Regel nur bei Select Zellen Anwendung.

Mit diesem Kommando wird eine von der SPS übermittelte Pose eingelesen und in Mikado als aktuelle Pose des Roboterflanschs (tool0) gesetzt. Für den Mikado-Programmablauf muss die Position des Roboters bei einer Bildaufnahme bekannt sein, wobei Mikado Select selbst keine Informationen über den Roboterzustand hat. Bei der Hand-Auge-Kalibrierung ist die Benutzung dieses Kommandos nicht notwendig, da das Kommando `CaptureCalib` im Hintergrund bereits dieselben Funktionalitäten ausführt.

Tab. 11: Zusätzliche Eingabe- und Rückgabewerte

Eingabewert		**Rückgabewert**
`InPose`	Derzeitige Tool0-Pose	*keine*

8 Beispielablauf für Select-Zellen

Anhand des Beispiel-Programms `select_findObjects.program` wird im Folgenden gezeigt, wie sich ein Mikado-Programm über den Feldbus steuern lässt. Das Beispiel-Programm findet sich ab Mikado-Version 2.1 in der Programm-Bibliothek.

Voraussetzungen:

- Es muss eine Produktliste geladen sein, die ein Produkt mit dem Namen `P_0` enthält.
- Es muss eine Szene geladen sein, die eine ROI mit dem Namen `ROI_0` enthält.

Tab. 12: Beispiel-Ablauf für eine Select-Zelle

#	SPS	Mikado
Nur bei mobiler Kamera: Setze Roboterpose (bei statischer Kamera direkt weiter mit #3)		
1	Setze `InPose` auf die aktuelle Pose des Roboterflansch (tool0) Setze `InCmd = 11`	
2		Übernimmt die Werte in `InPose` als aktuelle Roboterpose
Finde Objekte		
3	Setze `InSequenceID = 1` Setze `InBoxID= 0` Setze `InProductID = 0` Setze `InCmd = 2` (`RunSequence`)	
4		Starte Sequenz mit ID = 1 (*Finde Objekte*) Setze `OutNumResults` Ende der Sequenz: `OutRunningBit = 0`
Kommuniziere Ergebnisse		
5	Lese `OutNumResults` Setze `InListIndex = 0` Setze `InSequenceID = 2` Setze `InCmd = 2` (`RunSequence`)	
6		Starte Sequenz mit ID = 2 (*get Result*) Setze `OutPose` w.r.t. `InListIndex` Ende der Sequenz: `OutRunningBit = 0`
7	Lese `OutPose` Setze `InListIndex = 1` Setze `InSequenceID = 2` Setze `InCmd = 2` (`RunSequence`)	
8		*wiederhole Schritt 6*
9	*wiederhole Schritt 5 mit* `InListIndex++`	
10	Lese `OutPose` Setze `InListIndex` = `OutNumResults` Setze `InSequenceID = 2` Setze `InCmd = 2` (`RunSequence`)	
11		*wiederhole Schritt 6*
12	Lese `OutPose`	

9 Aktualisierungen der Feldbus-Schnittstelle

9.1 Version 3.1.0

(mikado-profinet v3.1.0, mikado_io_beckhoff v3.1.0)

Bemerkung: SPS-seitige Wertänderungen während der Programm-Laufzeit (`RunningBit = 1`) können ab dieser Version zu unerwartetem Verhalten führen, da sie sofort für das Programm sichtbar werden.

Die neue Feldbus-Adapter Version bringt die wesentliche Neuerung, dass synchronisierte Variablen ständig aktualisiert werden. Bei vorherigen Versionen mussten Variablen mit dem Kommando `syncAll` aktualisiert werden. Aus dieser Änderung resultieren folgende Konsequenzen:

- Die Nutzer-definierte Live-Eigenschaft von Variablen entfällt, weil nun alle Variablen „live“ sind.
- Das Kommando `syncAll` ist überflüssig und deshalb auch nicht mehr in dieser Dokumentation aufgeführt. Das Kommando kann weiterhin gesendet werden. Der zurückgegebene `OutErrorCode` ist in diesem Fall `NoError`.
- Erfolgen SPS-seitige Wertänderungen zur Programm-Laufzeit kann es zu unerwartetem Verhalten kommen.

Nachstehende Tabelle zeigt beispielhaft wie SPS-seitige Änderungen zu einem ungünstigen Zeitpunkt zu einem unerwartetem Verhalten führen können. Angenommen in Mikado ist ein Programm geladen, das unter Anderem den Task `Finde Szenenobjekt` aufruft. Als Task-Input wird die synchronisierte Variable `InBoxID` verwendet.

Tab. 13: Beispiel für SPS-seitige Änderungen zu einem ungünstigen Zeitpunkt

Zeit	SPS	Mikado	Kommentar
t_1	Setze `InBoxID = 42` Setze `InCmd = 1` (Starte Programm)		SPS setzt die Variable `InBoxID = 42` und sendet Start-Kommando

t_2		`OutBusyBit = 1`
		`OutRunningBit = 1`
		`OutBusyBit = 0`
			Adapter führt Kommando aus
			Mikado startet Programm
			Kommando-Ausführung beendet

t_3	`InBoxID = 0` (**falsch**) `InCmd = 0`		**Dies ist ein ungünstiger Zeitpunkt.** Im Programmablauf verwendete Variablen sollten nicht zur Laufzeit geändert werden.
t_4		Programm ruft auf `FindSceneObject (InBoxID)`	Mikado ist mittlerweile beim Aufruf des Tasks angekommen. Es wird die momentan anliegenden `InBoxID = 0` verwendet.
t_5		`OutRunningBit = 0`	Programm-Ende erreicht
t_6	`InBoxID = 0` (**richtig**)		**Der richtige Zeitpunkt um Variablen zurückzusetzen.**

9.2 Version 3.1.2

Ab *mikado-profinet* Version 3.1.2 unterstützt das Paket neben Profinet auch die Protokolle EtherCAT und EtherNet/IP.

Das gewünschte Protokoll kann im Mikado Assistant auf der Seite `Feldbus-Schnittstelle` konfiguriert werden.

10 Standard-Feldbus-Schnittstelle

Die verschiedenen Feldbusschnittstellen haben viele Gemeinsamkeiten, daher folgt hier eine Beschreibung der vorhandenen Datentypen und die *Standard-Wortbelegung*.

Diese Schnittstellenbeschreibung mit der Abbildung von Werten auf Worte / Bytes / Bits zeigt die Umsetzung für die Protokolle Profinet, EtherCAT und EtherNet/IP. Andere Protokolle weichen wie im entsprechenden Abschnitt beschrieben in Teilen davon ab, verwenden beispielsweise wie bei Beckhoff ADS eine Abbildung auf Namen anstelle von Speicheradressen.

Ein Überblick zur Dokumentation der Feldbus-Schnittstelle findet sich *hier*.

10.1 Byte-Reihenfolge

Die Byte-Reihenfolge entspricht der Siemens Konvention Big-Endian. Bei der Interpretation der Wörter muss deshalb auf der SPS je nach Konfiguration des Master-Systems ein Byte-Swap erfolgen.

10.2 Feldbus-Datentypen

Daten werden prinzipiell wortweise in 2-Byte-Paketen übertragen. Wie oben erwähnt, ist bei der Interpretation der Daten die Byte-Reihenfolge Big-Endian zu beachten. Folgende Datentypen sind möglich:

- `Bits`: Das Wort wird in 16 einzelne Bits zerlegt, wobei jedes Bit als Bool interpretiert wird.
- `Integer`: Das Wort wird als Ganzzahl interpretiert.
- `Double`: Zwei Wörter (32 Bit) werden gemeinsam als eine Gleitkommazahl interpretiert.
- `Pose`: 12 aufeinanderfolgende Wörter werden als sechs Double-Werte einer Pose interpretiert (X, Y, Z, R1, R2, R3).
- `PoseList` (nur Mikado an SPS): `12 x <Listenlänge>` aufeinanderfolgende Wörter, die als Liste von Posen interpretiert werden. Für eine Liste der Länge 5 werden z.B. 60 aufeinanderfolgende Wörter benötigt.
- `StringList` (nur Mikado an SPS): `2 x <Listenlänge>` aufeinanderfolgende Wörter werden als eine Liste von Double-Werten interpretiert. Strings werden dabei automatisch zu Double konvertiert. Falls ein String nicht zu einem Double konvertierbar ist, kann er nicht über diese Schnittstelle übetragen werden.

10.3 Standard-Wortbelegung

Die meisten verwendeten Wörter werden direkt auf Mikado-Variablen abgebildet.

Davon ausgenommen sind die in der Abbildung *Übersicht der Standard-Belegung von Input und Output Byte-Arrays* grau gekennzeichneten Wörter, deren Werte unabhängig vom Mikado-Programm durch den Feldbus-Adapter gesetzt werden.

SPS zu Mikado

Word	Byte	Bit		
0	0	0		InLifeBit
		1		
		2		
		3		
		4		InSystemOn
		5		
		6		InFrontLightOn
		7		
	1	8		
		9		
		10		
		11		
		12		
		13		
		14		
		15		
1	2			*reserviert für Bits*
	3			
2	4		Double	InPoseX
	5			
3	6			
	7			
4	8		Double	InPoseY
	9			
5	10			
	11			
6	12		Double	InPoseZ
	13			
7	14			
	15			
8	16		Double	InPoseR1
	17			
9	18			
	19			
10	20		Double	InPoseR2
	21			
11	22			
	23			
12	24		Double	InPoseR3
	25			
13	26			
	27			
14	28		Integer	InBoxID
	29			
15	30		Integer	InCameraID
	31			
16	32		Integer	InSequenceID
	33			
17	34		Integer	InCmd
	35			
18	36		Integer	InListIndex
	37			
19	38		Integer	InProductID
	39			
20	40			
	41			
21	42			
	43			
22	44			
	45			

Mikado zu SPS

Word	Byte	Bit		
0	0	0		OutLifeBit
		1		OutReadyBit
		2		OutBusyBit
		3		OutRunningBit
		4		OutBoxEmptyBit
		5		OutNoPickableObjectsBit
		6		
		7		
	1	8		
		9		
		10		
		11		
		12		
		13		
		14		
		15		
1	2			*reserviert für Bits*
	3			
2	4		Double	OutPoseX
	5			
3	6			
	7			
4	8		Double	OutPoseY
	9			
5	10			
	11			
6	12		Double	OutPoseZ
	13			
7	14			
	15			
8	16		Double	OutPoseR1
	17			
9	18			
	19			
10	20		Double	OutPoseR2
	21			
11	22			
	23			
12	24		Double	OutPoseR3
	25			
13	26			
	27			
14	28		Double	OutMatchingScore
	29			
15	30			
	31			
16	32		Integer	OutNumResults
	33			
17	34		Integer	OutErrorCode
	35			
18	36			
	37			
19	38			
	39			
20	40			
	41			
21	42			
	43			
22	44			
	45			

Abb. 4: Übersicht der Standard-Belegung von Input und Output Byte-Arrays

11 Spezifische Konfiguration für Profinet

Dieser Abschnitt beschreibt die notwendigen Schritte zur Einrichtung der Hardware für die Kommunikation via Profinet.

Ein Überblick zur Dokumentation der Feldbus-Schnittstelle findet sich *hier*.

11.1 GSDML

Die Schnittstellenbeschreibung bei ProfiNet-Anbindung ist über die GSDML-Datei festgelegt. Nach der Installation des Debian-Pakets `mikado-profinet` findet sich diese Datei unter folgendem Pfad:

`/opt/cifx/gsdml/GSDML-V2.35-HILSCHER-CIFX RE PNS-20190108.xml`

Folgendes Profinet-IO Gerät der GSDML ist hierbei am Master einzubinden:

`CIFX RE/PNS V3.5 - V3.5.x`

Der Mikado-Controller stellt je nach ausgewählter Konfiguration folgende Ein-/Ausgangslayouts zur Verfügung. Dabei sind Ein- und Ausgänge aus Sicht des Profinet-Masters definiert:

- 64 Byte Ein- und Ausgang
- 128 Byte Ein- und Ausgang
- 256 Byte Ein- und Ausgang
- 512 Byte Ein- und Ausgang

Diese Ein- und Ausgänge werden entsprechend der konfigurierten Wortbelegung geschrieben bzw. gelesen, siehe *Standard-Wortbelegung*.

11.2 Standard-Feldbus-Schnittstelle

Die Byte-Reihenfolge, die verfügbaren Datentypen und die Standard-Wortbelegung entsprechen der *Standard-Feldbus-Schnittstelle*.

12 Spezifische Konfiguration für EtherCAT

Dieser Abschnitt beschreibt die notwendigen Schritte zur Einrichtung der Hardware für die Kommunikation via EtherCAT.

Ein Überblick zur Dokumentation der Feldbus-Schnittstelle findet sich *hier*.

12.1 Schnittstellenbeschreibung

Die Schnittstellenbeschreibung bei EtherCAT-Anbindung ist über XML-Datei festgelegt. Nach der Installation des Debian-Pakets `mikado-profinet` findet sich diese Datei unter folgendem Pfad:

`/opt/cifx/ethercat/Hilscher CIFX RE ECS V4.6.X.{BYTE_GRÖßE}.xml`

Folgendes EtherCAT Gerät ist hierbei am Master einzubinden: `Hilscher CIFX RE ECS`

Der Mikado-Controller stellt je nach ausgewählter Konfiguration folgende Ein-/Ausgangslayouts zur Verfügung. Dabei sind Ein- und Ausgänge aus Sicht des EtherCAT-Masters definiert:

- 64 Byte Ein- und Ausgang
- 128 Byte Ein- und Ausgang
- 256 Byte Ein- und Ausgang

Diese Ein- und Ausgänge werden entsprechend der konfigurierten Wortbelegung geschrieben bzw. gelesen, siehe *Standard-Wortbelegung*.

12.2 Standard-Feldbus-Schnittstelle

Die Byte-Reihenfolge, die verfügbaren Datentypen und die Standard-Wortbelegung entsprechen der *Standard-Feldbus-Schnittstelle*.

13 Spezifische Konfiguration für EtherNet/IP

Dieser Abschnitt beschreibt die notwendigen Schritte zur Einrichtung der Hardware für die Kommunikation via EtherNet/IP.

Ein Überblick zur Dokumentation der Feldbus-Schnittstelle findet sich *hier*.

13.1 Schnittstellenbeschreibung

Die Schnittstellenbeschreibung bei EtherNet/IP-Anbindung ist in einer EDS-Datei festgelegt. Nach der Installation des Debian-Pakets `mikado-profinet` findet sich diese Datei unter folgendem Pfad:

`/opt/cifx/ethernet_ip/HILSCHER CIFX-RE EIS V1.1.EDS`

Folgendes EtherNet/IP Gerät ist hierbei am Master einzubinden:

`Hilscher CIFX 50-RE EIS`

Der Mikado-Controller stellt je nach ausgewählter Konfiguration folgende Ein-/Ausgangslayouts zur Verfügung. Dabei sind Ein- und Ausgänge aus Sicht des EtherNet/IP-Masters definiert:

- 64 Byte Ein- und Ausgang
- 128 Byte Ein- und Ausgang
- 256 Byte Ein- und Ausgang

Diese Ein- und Ausgänge werden entsprechend der konfigurierten Wortbelegung geschrieben bzw. gelesen, siehe *Standard-Wortbelegung*.

Warnung: Die EtherNet/IP-Schnittstelle von Mikado ist standardmäßig für die Zuweisung einer IP-Adresse über `DHCP` konfiguriert. Diese Einstellung kann derzeit nicht vom Anwender geändert werden. Sollten Sie für Ihre Anwendung eine statische IP-Adresse für die Schnittstelle benötigen, wenden Sie sich bitte an den Mikado Support.

13.2 Standard-Feldbus-Schnittstelle

Die Byte-Reihenfolge, die verfügbaren Datentypen und die Standard-Wortbelegung entsprechen der *Standard-Feldbus-Schnittstelle*.

14 Spezifische Konfiguration für Beckhoff ADS-Schnittstelle

Dieser Abschnitt beschreibt die notwendigen Schritte zur Einrichtung der Kommunikation via Beckhoff ADS.

Ein Überblick zur Dokumentation der Feldbus-Schnittstelle findet sich *hier*.

14.1 Datentypen

Datentyp Mikado	Datentyp SPS	Bemerkung
`Bool`	`BOOL`	
`Integer`	`INT`	
`Double`	`REAL`	
`Pose`	`ARRAY [1..6] OF REAL`	Die sechs Werte repräsentieren X, Y, Z, R1, R2, R3 der Mikado-Pose
`PoseList`	`ARRAY [1..6*n] OF REAL`	Die Länge des Arrays muss ein Vielfaches von 6 sein. Jeweils 6 benachbarte Werte repräsentieren eine Pose.
`String`	`STRING`	
`StringList`	`ARRAY [1..n] OF REAL`	**Nur Mikado an SPS**. Die Länge des Arrays unterliegt keinen Beschränkungen. Die Werte innerhalb der Mikado-StringList werden zu Doubles konvertiert.

Bemerkung: Ist eine PoseList oder StringList in Mikado länger als der SPS-seitige verfügbare Platz, wird die Mikado-seitige Liste auf die verfügbare Länge abgeschnitten.

14.2 Konfiguration

In der Konfigurationsdatei `ads.yaml` lassen sich zusätzlich zu den Feldbus-Adapter-Parametern folgende ADS-spezifischen Parameter einstellen:

```
# for publishing joint state:
publish_robot_state: false # if true, the robot joint state is published every cycle
current_joint_position_array_name: MAIN.OutCurrentJointPositions # Name of main robot
↪'s joint positions on PLC
main_robot_prefix: "" # prefix as stated in the xacro-macro of main robot (works at␣
↪least for staeubli)

# publishing additional robots (optional):
additional_robot1_prefix: "example_prefix" # prefix as stated in xacro-macro of␣
↪additional robot
additional_robot1_variable: MAIN.OutJointPosOfRobotWithExamplePrefix # Name of␣
↪additional robot's joint positions on PLC

additional_robot2_prefix: "example_prefix2"
additional_robot2_variable: MAIN.OutJointPosOfRobotWithExamplePrefix2
# .. and so on

# network settings:
```

(Fortsetzung auf der nächsten Seite)

(Fortsetzung der vorherigen Seite)

```
local_net_id: ""
remote_ip: ""
remote_net_id: ""
remote_port: 851

# IOs
input_array_name: GVL.inputBytes  # IO-Name on PLC
output_array_name: GVL.outputBytes # IO-Name on PLC

# robot control:
enable_robot_control: false # if true, the robot is controlled via ADS-interface
publish_robot_status: false # if true, the robot status is published every cycle
trajectory_array_name: MAIN.InTrajectory
in_motion_name: MAIN.OutInMotion
writing_trajectory_allowed_name: MAIN.OutWritingTrajectoryAllowed
```

15 Changelog

Version	Datum	Bemerkung
3.0	30.06.2023	Profinet-Schnittstelle im MIK-Handbuch
3.0.1	29.09.2023	Neusortierung: Allgemeine Schnittstelle und spezielle Profinet-Schnittstelle
3.1.0	11.07.2024	Überarbeitung der Dokumentation, Anpassungen an Mikado 3.1