



Alle Rechte vorbehalten.  
Die Firma Jetter AG behält sich das Recht vor, Änderungen an ihren Produkten vorzunehmen, die der technischen Weiterentwicklung dienen. Diese Änderungen werden nicht notwendigerweise in jedem Einzelfall dokumentiert.

Diese Application Note und die darin enthaltenen Informationen wurden mit der gebotenen Sorgfalt zusammengestellt. Die Firma Jetter AG übernimmt jedoch keine Gewähr für Druckfehler oder andere Fehler oder daraus entstehende Schäden.

Die hier genannten Marken und Produktnamen sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Titelhälter.

Jetter AG  
Gräterstrasse 2  
D-71642 Ludwigsburg  
Germany

Telefon - Zentrale: 07141/2550-0  
Telefon - Vertrieb: 07141/2550-530  
Telefon - Technische Hotline: 07141/2550-444

Telefax: 07141/2550-425  
E-Mail - Vertrieb: sales@jetter.de  
E-Mail - Technische Hotline: hotline@jetter.de  
Internetadresse: <http://www.jetter.de>



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Definition</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Ablauf eines Sägezyklus</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Synchronisierungsphase</b>	<b>5</b>
4.1	Zeitlich optimale Synchronisierungsphase	5
4.2	Rampentypen	7
<b>5</b>	<b>Berechnung der Rampendauer</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>Die Schnittlänge</b>	<b>8</b>
6.1	Kürzeste Schnittlänge	8
<b>7</b>	<b>Maximale Mastergeschwindigkeit</b>	<b>9</b>
<b>8</b>	<b>Länge des Fahrwegs</b>	<b>10</b>
<b>9</b>	<b>Betrachtungen zur Schnittgenauigkeit</b>	<b>10</b>
<b>10</b>	<b>Anwendungsvarianten</b>	<b>10</b>
10.1	Klassische fliegende Säge	11
10.2	Fliegende Säge mit Hardwaresignal	12

## 1 Einleitung

Diese Application Note enthält allgemeingültige Informationen zur Anwendung "Fliegende Säge". Außerdem werden im Speziellen verschiedene Varianten von fliegenden Sägen beschrieben. Für die Umsetzung der Anwendungen stehen entsprechende Jetter-Systemkomponenten zur Verfügung. Dazu sind die Application Note Nr. 31 "Fliegende Säge - JX2-SV1 / CAN-DIMA" bzw. Nr. 38 "Fliegende Säge – JM-2xx" zu beachten. Diese Application Note behandelt keine Querschneider-Anwendung.

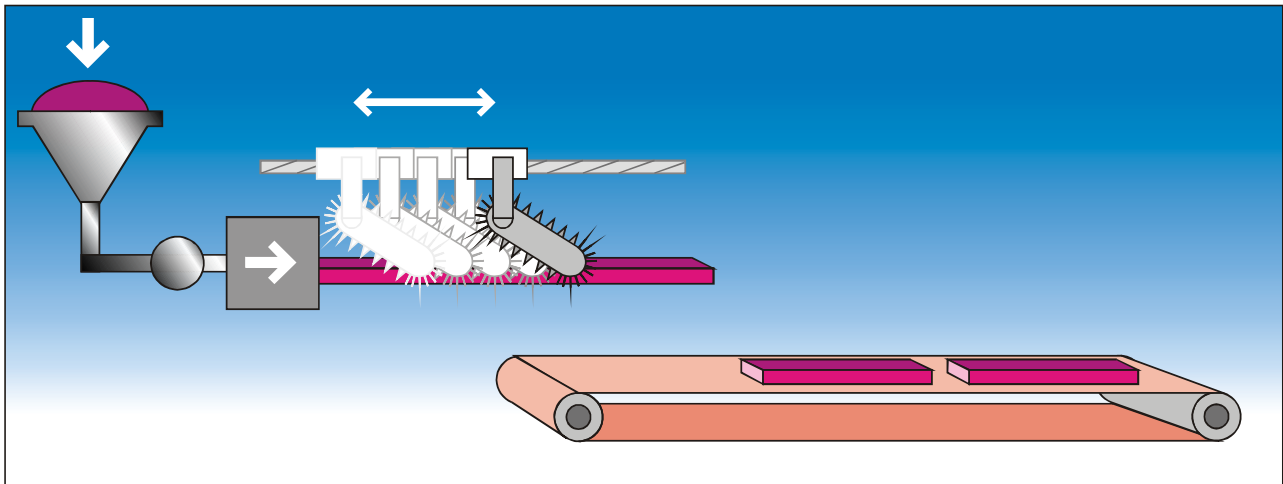


Abb. 1: Beispiel einer fliegenden Säge

## 2 Definition

Eine fliegende Säge wird wie folgt definiert:

Die Anwendung besteht aus folgenden Einheiten:

- Masterachse
- Slaveachse
- Werkzeugeinheit

Die **Masterachse** bewegt das zu bearbeitende Material. Sie läuft fast immer im Endlosbetrieb in dieselbe Richtung. Es kann Anwendungen geben, bei denen sich die Masterachse für eine gewisse Zeit in eine Richtung bewegt und dann wieder zu einer Ausgangsposition zurückkehrt.

Die Masterachse gibt ihre aktuelle Position an die Slaveachse weiter. Dabei muss die Masterachse keine physikalische Achse sein. Sie kann auch aus einer Geber-Laufrad-Einheit bestehen, die die Bewegung des Materials elektronisch erfasst. Dies ist z.B. bei einem Extruder der Fall, der Metallprofile herstellt. Ein Laufrad nimmt hier die Bewegung des bereits erhärteten Materials auf.

Die **Slaveachse** bewegt die Werkzeugeinheit. Sie bewegt sich immer innerhalb eines bestimmten Arbeitsbereichs und kehrt nach dem Sägezyklus wieder zurück zu ihrer Ausgangsposition. Die Rückfahrt zur Ausgangsposition kann auch erst nach einigen Sägezyklen erfolgen. Dabei werden die Sägezyklen direkt nacheinander in die gleiche Richtung ausgeführt. Hier liegt der Unterschied einer fliegenden Säge gegenüber einem Querschneider. Bei einem Querschneider ist die Slaveachse immer eine Rundachse und bewegt sich endlos in dieselbe Richtung. Außerdem wird bei einem Querschneider keine zusätzliche Werkzeugeinheit benötigt, da die Slaveachse schon die Werkzeugachse ist.

Die Slaveachse empfängt von der Masterachse deren Position. Sie beschleunigt bei der Schnittanforderung über eine Beschleunigungsrampe auf die aktuelle Geschwindigkeit der Masterachse und koppelt sich positionsgenau auf den Schnittpunkt ein. Im eingekoppelten Zustand erfolgt dann der Sägevorgang. Nach dem Sägevorgang koppelt sich die Slaveachse wieder aus und bewegt sich zur Ausgangsposition zurück. An das Auskoppeln können verschiedene Anforderungen gestellt werden: z.B. das geschnittene Material über eine Beschleunigungsrampe der Slaveachse mit der Werkzeugeinheit mitnehmen, um eine deutliche Lücke zwischen dem geschnittenem Material herzustellen. Eine andere Anforderung könnte sein: nach dem Sägevorgang mit der maximalen Verzögerungsrampe abbremsen und zum Ausgangspunkt zurückkehren.

Die **Werkzeugeinheit** bearbeitet das Material während des Sägevorgangs. Der Sägevorgang ist die Phase, in der sich die Slaveachse synchron und positionsgenau mit der Masterachse bewegt. Dabei sind unzählige Bearbeitungsvorgänge denkbar. Nachfolgend werden nur einige exemplarisch aufgezählt:

- Schneiden von Endlosmaterial: z.B. Rohre, Profile, Papier, Folie, Holz
- Zusammenfügen von Materialien: z.B. Aufkleben von Etiketten, CD-Papierhüllen auf Zeitschriften
- Zusammenbringen von Materialien: z.B. Verpacken von Gegenständen in Blisterverpackungen
- Abtransport von Gegenständen: z.B. Umsetzen von Werkstücken von einem Band auf ein anderes oder Werkstücke vom Band nehmen

### 3 Ablauf eines Sägezyklus

Der Sägezyklus läuft in 3 Phasen ab, siehe Abb. 2:

1. Phase: Synchronisieren (1)
2. Phase: Sägevorgang (2)
3. Phase: Rückfahrt (3)

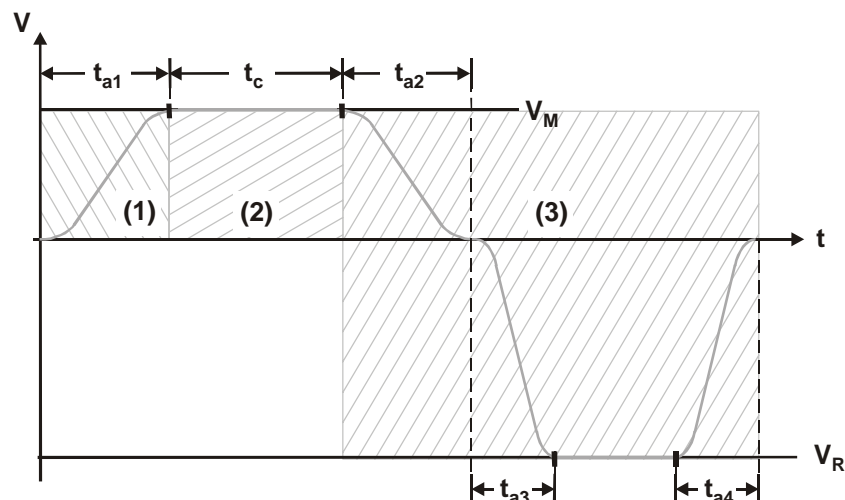


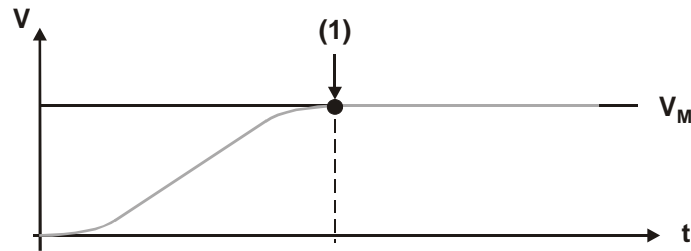
Abb. 2: Slave-Geschwindigkeitsprofil für einen Sägezyklus

Die Dauer aller Phasen zusammen bestimmt die Zeit für einen Sägezyklus.

## 4 Synchronisierungsphase

### 4.1 Zeitlich optimale Synchronisierungsphase

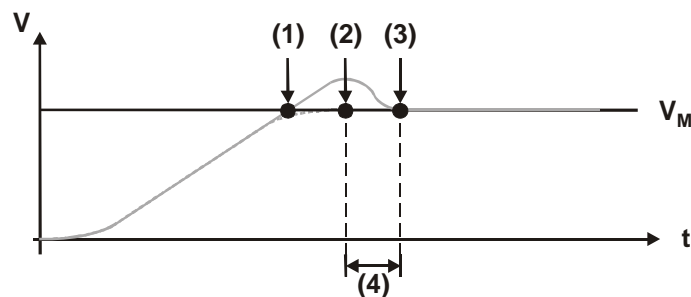
Die Synchronisierungsphase, d.h. das Beschleunigen des Slaves auf die Mastergeschwindigkeit, ist zeitlich optimal, wenn die folgende Bedingung zutrifft: Der Slave trifft genau den Schnittpunkt (der Punkt, an dem Synchronisiert wird), sobald er die Mastergeschwindigkeit erreicht hat. In diesem Fall muss der Slave nach dem Erreichen der Mastergeschwindigkeit keinen Weg aufholen, siehe Abb. 3.



(1) Mastergeschwindigkeit und Schnittpunkt erreicht

**Abb. 3: Zeitlich optimale Synchronisierungsphase**

Trifft der Slave nach Erreichen der Mastergeschwindigkeit nicht genau auf den Schnittpunkt, muss eine Korrekturbewegung erfolgen, die zusätzlich Zeit benötigt. Die Korrekturbewegung kann z.B. eine Aufholfahrt sein, wie sie in Abb. 4. dargestellt ist.



- (1) Mastergeschwindigkeit erreicht
- (2) Mastergeschwindigkeit erreicht, bei zeitlich optimaler Synchronisierung, vergleiche Abb. 3
- (3) Schnittpunkt erreicht
- (4) Zeitdelta für Aufholfahrt

**Abb. 4: Zeitlich nicht optimale Synchronisierungsphase**

Im zeitlich optimalen Fall muss also der Slave seine Beschleunigung starten wenn der Schnittpunkt noch genau die Strecke vom Synchronpunkt entfernt ist, die er während der Beschleunigung des Slaves zurücklegt.

Für die Berechnung des Weges für den Schnittpunkt während der Beschleunigung des Slaves gilt die nachfolgende Herleitung. Die Herleitung gilt nur für lineare und Sinus<sup>2</sup>-Geschwindigkeitsrampen.

$$s_{Ma} = v_M \cdot t_a \Rightarrow t_a = \frac{s_{Ma}}{v_M} \quad (1)$$

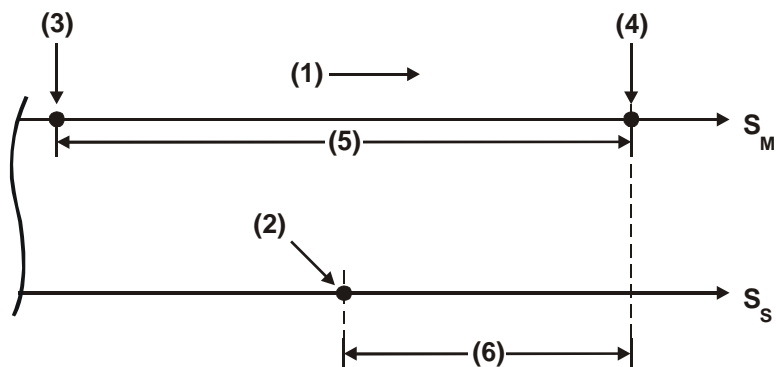
$$s_{Sa} = \frac{1}{2} v_M \cdot t_a \Rightarrow t_a = \frac{2s_{Sa}}{v_M} \quad (2)$$

(1) und (2) gleichsetzen:

$$\frac{s_{Ma}}{v_M} = \frac{2s_{Sa}}{v_M} \Rightarrow \boxed{s_{Ma} = 2s_{Sa}}$$

- $s_{Ma}$  : Weg des Masters während Rampe des Slaves (= Weg des Schnittpunkts)
- $s_{Sa}$  : Weg des Slaves während Rampe
- $v_M$  : Konstante Geschwindigkeit des Masters
- $t_a$  : Rampendauer auf  $v_M$

Wie aus der obigen Formelbetrachtung hervorgeht, ist der Weg, den der Schnittpunkt während der Beschleunigung des Slaves zurücklegt, doppelt so lang wie der Weg des Slaves während seiner Beschleunigung. Für den zeitlich optimalen Fall muss also der Slave dann starten, wenn der Schnittpunkt noch genau die Strecke vom Startpunkt des Slaves entfernt ist, die der Slave für seine Beschleunigung benötigt, siehe Abb. 5.

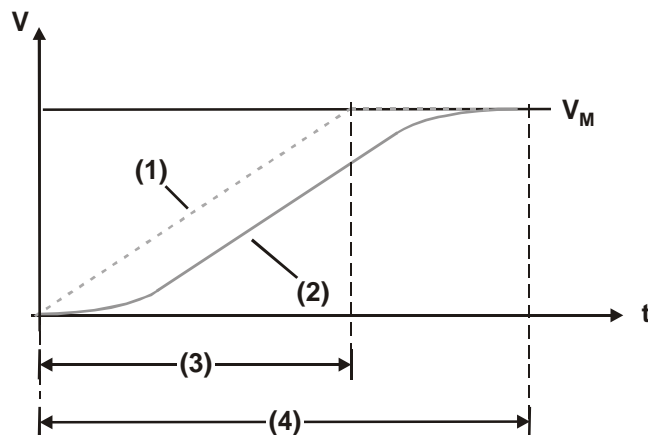


- (1) Bewegungsrichtung des Masters
- (2) Startposition des Slaves
- (3) Position des Schnittpunkts bei Start des Slaves
- (4) Position des Schnittpunkts bei Geschwindigkeitsgleichheit
- (5) Weg des Schnittpunkts während Beschleunigung des Slaves:  $2 \cdot (6)$
- (6) Beschleunigungsweg des Slaves

**Abb. 5: Übersicht der Wege**

## 4.2 Rampentypen

Für die Beschleunigung können unterschiedliche Geschwindigkeitsrampen verwendet werden. Nachfolgend wird die lineare Rampe mit einer Sinus<sup>2</sup>-Rampe verglichen, siehe Abb. 6.



- (1) lineare Geschwindigkeitsrampe
- (2) Sinus<sup>2</sup>-Geschwindigkeitsrampe
- (3) Dauer der linearen Geschwindigkeitsrampe
- (4) Dauer der Sinus<sup>2</sup>-Geschwindigkeitsrampe

**Abb. 6: Lineare und Sinus<sup>2</sup>-Geschwindigkeitsrampe**

Wenn für beide Rampentypen die gleiche max. Beschleunigung verwendet wird, dann wird diese bei der linearen Rampe konstant von Anfang bis Ende gefahren. Bei der Sinus<sup>2</sup>-Rampe wird die max. Beschleunigung nur in der Mitte der Rampe gefahren. Deshalb ist die Dauer der linearen Rampe kürzer als die der Sinus<sup>2</sup>-Rampe. Die Sinus<sup>2</sup>-Rampe dauert ca. 1,57 mal so lang wie die lineare, siehe Abb. 6.

## 5 Berechnung der Rampendauer

$$\text{lineare Rampe: } t_a = \frac{v_M}{a_{\max}}$$

$t_a$  : Rampendauer  
 $v_M$  : konstante Geschwindigkeit des Masters  
 $a_{\max}$  : maximale Beschleunigung der Sinus²-Rampe bzw. konstante Beschleunigung der linearen Rampe

$$\text{Sinus²-Rampe: } t_a = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{v_M}{a_{\max}}$$

## 6 Die Schnittlänge

Die Schnittlänge ist der Abstand von einem Schnittpunkt zum anderen. Es ist zu berücksichtigen, dass die Breite des Schnittwerkzeugs ebenfalls in die Schnittlänge mit eingeht.

### 6.1 Kürzeste Schnittlänge

Bei einer fliegenden Säge gibt es Einschränkungen bezüglich der Schnittlänge und der Mastergeschwindigkeit, d.h. nicht jede Schnittlänge ist bei jeder Mastergeschwindigkeit realisierbar.

Mit den nachfolgenden Formeln lässt sich die kürzeste Schnittlänge bei gegebener Mastergeschwindigkeit ermitteln. Zur Zuordnung der Eingabeparameter sind Abb. 2 und Abb. 7 zu beachten. Zur Ermittlung der Rampenzeiten siehe Kapitel "Berechnung der".

$s$  : Schnittlänge [mm] oder [°]  
 $s_{\min}$  : kürzeste Schnittlänge [mm] oder [°]  
 $t_{a1}$  : Rampendauer von  $v=0$  auf  $V_M$  für Vorwärtsbewegung [s]  
 $t_{a2}$  : Rampendauer von  $V_M$  auf  $v=0$  für Vorwärtsbewegung [s]  
 $t_c$  : Dauer des reinen Sägevorgangs [s]  
 (Zeit zwischen den Signalen Slaveachse synchron und Sägevorgang beendet)  
 $t_{a3}$  : Rampendauer von  $v=0$  auf  $V_R$  für Rückwärtsbewegung [s]  
 $t_{a4}$  : Rampendauer von  $V_R$  auf  $v=0$  für Rückwärtsbewegung [s]  
 $V_M$  : konstante Geschwindigkeit der Masterachse [mm/s] oder [°/s]  
 $V_{M\max}$  : maximale Geschwindigkeit der Masterachse [mm/s] oder [°/s] bei gegebener Schnittlänge, siehe Kapitel "Maximale Mastergeschwindigkeit"  
 $V_R$  : konstante Geschwindigkeit der Slaveachse bei der Rückwärtsbewegung [mm/s] oder [°/s]

**Abb. 7: Berechnungsvariablen**

Es werden zwei Fälle unterschieden:

- a) Wenn gesamter Weg der Vorwärtsbewegung > Weg der beiden Rampen der Rückwärtsbewegung,

in Formeln ausgedrückt:  $\left(\frac{1}{2}t_{a1} + t_c + \frac{1}{2}t_{a2}\right) \cdot v_M > \left(\frac{1}{2}t_{a3} + \frac{1}{2}t_{a4}\right) \cdot v_R$ , dann ist die kürzeste realisierbare Schnittlänge:

$$s_{\min} = v_M \cdot \left( t_{a1} \cdot \left( 1 + \frac{v_M}{2 \cdot v_R} \right) + t_c \cdot \left( 1 + \frac{v_M}{v_R} \right) + t_{a2} \cdot \left( 1 + \frac{v_M}{2 \cdot v_R} \right) + \frac{1}{2}t_{a3} + \frac{1}{2}t_{a4} \right)$$

- b) Wenn gesamter Weg der Vorwärtsbewegung ≤ Weg der beiden Rampen der Rückwärtsbewegung,

in Formeln ausgedrückt:  $\left(\frac{1}{2}t_{a1} + t_c + \frac{1}{2}t_{a2}\right) \cdot v_M \leq \left(\frac{1}{2}t_{a3} + \frac{1}{2}t_{a4}\right) \cdot v_R$ , dann ist die kürzeste realisierbare Schnittlänge:

$$s_{\min} = v_M \cdot (t_{a1} + t_c + t_{a2} + t_{a3} + t_{a4})$$



Fall a) ist der Normalfall. Fall b) beinhaltet die Bedingung, dass der gesamte Weg der Vorwärtsbewegung kleiner ist als der Weg der beiden Rampen der Rückwärtsbewegung. In der Praxis wird der Rückweg nicht länger sein als die Vorwärtsbewegung, sonst ist die Ausgangsposition des Slaves nicht mehr dieselbe. Mit dieser Bedingung wird versucht, den Fall eines Dreiecksbetrieb der Rückwärtsbewegung abzudecken.

Im Dreiecksbetrieb wird die Geschwindigkeit  $V_R$  nicht erreicht, weil der Weg dafür zu kurz ist. Stattdessen wird von der Beschleunigungsrampe gleich in die Verzögerungsrampe gewechselt. Die beiden Rampenzeiten  $R_3$  und  $R_4$  sind deshalb in Wirklichkeit kleiner als die, zum Erreichen von  $V_R$ , ermittelten Werte.

Die genauen Rampenzeiten lassen sich jedoch schwer ermitteln, da normalerweise nicht bekannt ist, auf welche Endgeschwindigkeit im Dreiecksbetrieb beschleunigt wird. Deshalb wird mit der Angabe von  $R_3$  und  $R_4$  im Fall b) für den Dreiecksbetrieb nur eine Annäherung der kürzesten Schnittlänge ermittelt. Die tatsächliche kürzeste Schnittlänge ist kürzer als die ermittelte. Die tatsächliche kürzeste Schnittlänge kann aber mit der Formel im Fall b) ermittelt werden, wenn  $R_3$  und  $R_4$  die tatsächlichen Zeiten beinhalten.

Wenn kürzere Längen als die ermittelten geschnitten werden sollen, dann muss entweder die Mastergeschwindigkeit oder die Zeit  $T$  reduziert werden.

## 7 Maximale Mastergeschwindigkeit

Die maximale Mastergeschwindigkeit lässt sich bei gegebener Schnittlänge mit den nachfolgenden Formeln berechnen. Dabei ist Abb. 2 und Abb. 7 zu beachten.

Es werden zwei Fälle unterschieden:

a) Wenn Schnittlänge > optimaler Weg des Sägezyklus,

in Formeln ausgedrückt:  $s > v_R \cdot \frac{\left(\frac{1}{2}t_{a3} + \frac{1}{2}t_{a4}\right)}{\left(\frac{1}{2}t_{a1} + t_c + \frac{1}{2}t_{a2}\right)} \cdot (t_{a1} + t_c + t_{a2} + t_{a3} + t_{a4})$ , dann darf die

Mastergeschwindigkeit nicht größer werden als:

$$v_{M \max} = v_R \cdot \left( \frac{-t_{a1} - t_{a2} - t_c - \frac{1}{2}t_{a3} - \frac{1}{2}t_{a4} + \sqrt{\left(t_{a1} + t_{a2} + t_c + \frac{1}{2}t_{a3} + \frac{1}{2}t_{a4}\right)^2 + \frac{4 \cdot s}{v_R} \cdot \left(\frac{1}{2}t_{a1} + \frac{1}{2}t_{a2} + t_c\right)}}{(t_{a1} + t_{a2} + 2 \cdot t_c)} \right)$$

b) Wenn Schnittlänge  $\leq$  optimaler Weg des Sägezyklus,

in Formeln ausgedrückt:  $s \leq v_R \cdot \frac{\left(\frac{1}{2}t_{a3} + \frac{1}{2}t_{a4}\right)}{\left(\frac{1}{2}t_{a1} + t_c + \frac{1}{2}t_{a2}\right)} \cdot (t_{a1} + t_c + t_{a2} + t_{a3} + t_{a4})$ , dann darf die

Mastergeschwindigkeit nicht größer werden als:

$$v_{M \max} = \frac{s}{(t_{a1} + t_c + t_{a2} + t_{a3} + t_{a4})}$$

Der optimale Weg des Sägezyklus ergibt sich aus dem gesamten Weg der Vorwärtsbewegung plus dem Weg der beiden Rampen der Rückwärtsbewegung in dem Fall, dass der Weg für beide Bewegungen gleich groß ist.

Fall a) ist der Normalfall. Fall b) beinhaltet die Bedingung, dass die Schnittlänge kleiner ist als der optimale Weg des Sägezyklus. In der Praxis ist diese Schnittlänge nicht möglich. Mit dieser Bedingung wird versucht den Fall eines Dreiecksbetrieb der Rückwärtsbewegung abzudecken, siehe dazu die Berechnung der kürzesten Schnittlänge im letzten Kapitel.

Mit der Angabe von  $R_3$  und  $R_4$  im Fall b) für den Dreiecksbetrieb wird nur eine Annäherung der maximalen Mastergeschwindigkeit ermittelt. Die tatsächliche maximale Mastergeschwindigkeit ist schneller als die ermittelte.

Die tatsächliche maximale Mastergeschwindigkeit kann aber mit der Formel im Fall b) ermittelt werden, wenn  $R_3$  und  $R_4$  die tatsächlichen Zeiten beinhalten.

Wenn eine schneller Mastergeschwindigkeit als die ermittelte gefahren werden soll, dann muss entweder die Schnittlänge oder die Zeit  $T$  reduziert werden.

## 8 Länge des Verfahrenswegs

Der Verfahrensweg  $d$  lässt sich mit der nachfolgenden Formel berechnen. Dabei ist Abb. 2 und Abb. 7 zu beachten.

$$d = v_{M \max} \cdot (t_{a1} + t_c + t_{a2})$$

## 9 Betrachtungen zur Schnittgenauigkeit

Die Schnittgenauigkeit wird im wesentlichen durch folgende Faktoren bestimmt:

- mechanische Steifheit der kraftübertragenden Mechanik: z.B. Getriebeispiel, Riemenspannung etc.
- Getriebeübersetzungsfaktoren: ungeeignete Werte, z.B. periodische Faktoren welche sich über längere Laufzeiten auswirken
- Material: Längenänderung während der Verarbeitung z.B. Schrumpfung infolge von Abkühlung oder Verformung
- Geberinformationen der Masterachse wie auch der Slaveachse: keine einwandfreien und zuverlässigen Signale, z.B. Schlupf am Messrad
- Auflösung der Geberinformation: zu geringe Anzahl der Geberstriche des Inkrementalgebers, Resolvertauflösung (HIPERFACE anstatt Resolver)
- Regeleinstellungen der Motor-Regler-Kombination bezüglich Schleppfehler und Regelüberschwinger
- Ausrichtung der Slaveachse auf die Masterachse: z.B. ungenaue Ausrichtung des ersten Schnittes

Am Wert des aktuellen Schleppfehlers der Slaveachse lässt sich ablesen, wie viel die Regelung des Servoreglers zur Schnittgenauigkeit beiträgt.

Sind die Schnitte wesentlich ungenauer als der max. Schleppfehlerwert, dann ist die Ursache außerhalb des Reglers zu suchen. In diesem Fall müssen folgende Punkte überprüft werden:

- Schlupf der Mechanik
- Messrad läuft nicht senkrecht auf der Materialbahn oder läuft unrund
- Toleranzen des Messradumfangs bzw. sonstiger Längen- und Umfangsangaben
- ungenaue Angaben der Getriebeübersetzung
- Längenänderung des Materials zwischen Messung und Schnitt
- Ausrichtung der Mechanik zueinander
- zu geringe Geberauflösung

## 10 Anwendungsvarianten

Hier werden zwei Grundvarianten einer fliegenden Säge definiert, in denen wiederum weitere Untervarianten existieren:

- klassische fliegende Säge (fliegende Säge ohne Hardwaresignal)
- fliegende Säge mit Hardwaresignal

## 10.1 Klassische fliegende Säge

Bei dieser Anwendung ist der Schnittpunkt im voraus bekannt. Der nächste Schnitt wird relativ mit dem Abstand der Schnittlänge an den letzten angehängt. Die klassische fliegende Säge wird zum Verarbeiten von Endlosmaterialien, z.B. Rohre, Profile etc. verwendet. Dabei gibt es zwei Varianten:

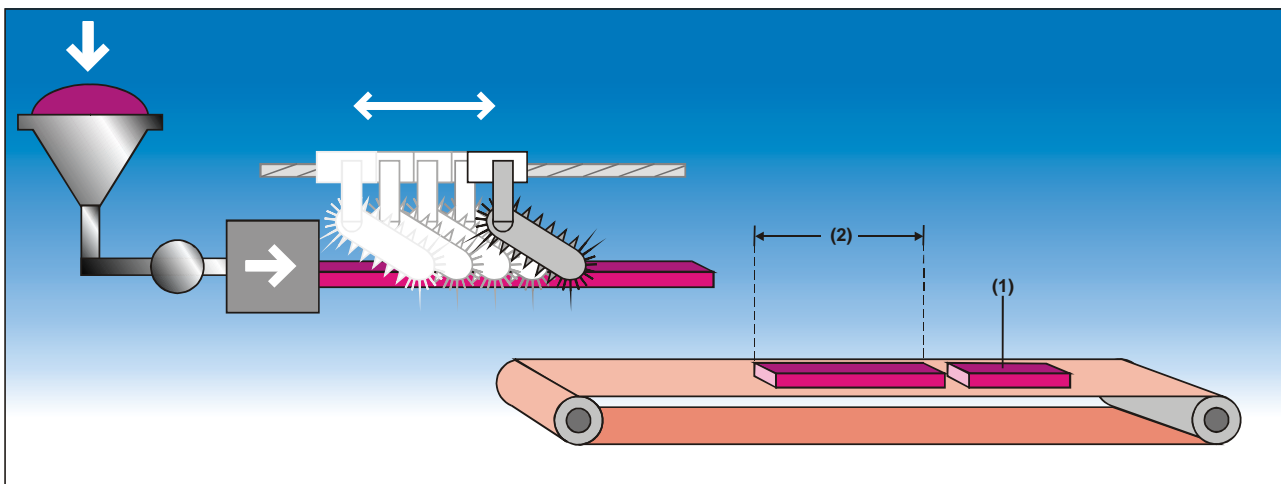
- Variante 1: Start durch Kopfschnitt
- Variante 2: Start mit Ausrichtung von Material und Werkzeugeinheit zueinander

### Variante 1: Start durch Kopfschnitt

Der erste Schnitt ist ein sogenannter Kopfschnitt. Das ist ein Schnitt, der ohne jegliche Ausrichtung der Werkzeugeinheit zum Material sofort ausgeführt wird und das Material irgendwo schneidet. Das geschnittene Anfangsstück (Kopfschnitt) ist unbrauchbar. Durch diesen Kopfschnitt sind dann die nachfolgenden Schnitte zur Werkzeugeinheit ausgerichtet.

Beispielanwendungen:

- Schneiden von Endlosmaterial: z.B. Rohre, Extruderprofile, Papier, Folie



- (1) Kopfschnitt  
(2) feste Schnittlänge

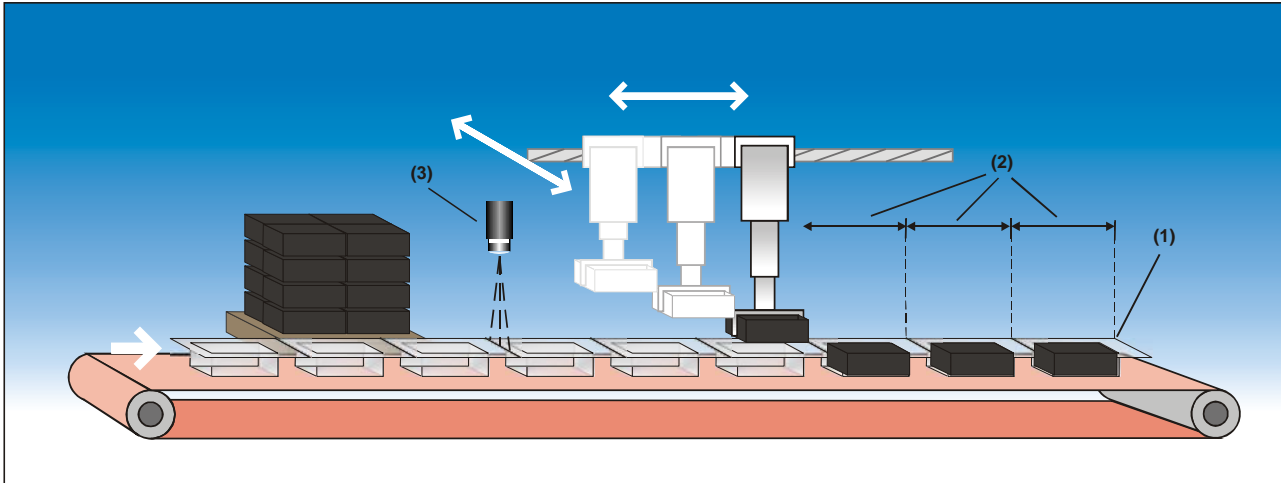
**Abb. 8: Klassische fliegende Säge mit Kopfschnitt**

### Variante 2: Start mit Ausrichtung von Material und Werkzeugeinheit zueinander

Vor dem ersten Schnitt werden Material und Werkzeugeinheit zueinander ausgerichtet, damit wird der Schnittpunkt vom ersten Schnitt an auf dem Material genau festgelegt. Da bei dieser Variante die Schnitte auch relativ angehängt werden, ist zu prüfen, ob sich der Schnittpunkt nach einer bestimmten Laufzeit nicht verschiebt. Der Schnittpunkt kann sich z.B. auf Grund von Ungenauigkeiten der mechanischen Angaben verschieben. Die Ausrichtung von Material und Werkzeugeinheit wird manuell oder automatisch vor dem ersten Schnitt durchgeführt. Bei der Automatischen Ausrichtung wird ein Materialsensor eingesetzt, der die Startkante des Materials anzeigt, siehe Abb. 9.

Beispielanwendungen:

- Zusammenfügen von Materialien: z.B. Aufkleben von Etiketten, CD-Papierhüllen auf Zeitschriften
- Zusammenbringen von Materialien: z.B. Verpacken von Gegenständen in Blisterverpackungen



- (1) Ausrichtungspunkt von Material und Werkzeugeinheit  
(2) feste Schnittlänge  
(3) Materialsensor für automatische Ausrichtung

**Abb. 9: Klassische fliegende Säge ohne Kopfschnitt**

## 10.2 Fliegende Säge mit Hardwaresignal

Diese Anwendung wird genutzt, wenn die Schnittlängen (Abstände) zwischen den einzelnen Produkten im Voraus nicht genau definiert werden können. Durch ein Hardwaresignal wird die Position des Materials vor jedem Schnitt erfasst. Dadurch wird das Material immer wieder neu zur Werkzeugeinheit ausgerichtet. Die Anwendung wird hauptsächlich bei der Verarbeitung von Einzelprodukten genutzt oder bei Endlosmaterialien deren Länge sich beim Prozess verändert, z.B. durch Temperatureinflüsse oder mechanische Dehnung bzw. Stauchung des Materials.

Das Hardwaresignal wird folgendermaßen ausgewertet:

1. **Capture:** Das Signal speichert (capture) immer die aktuelle Masterposition. Durch Verrechnen der neu gespeicherten Masterposition mit der vorherigen wird die nächste Schnittlänge ermittelt. Der nächste Schnitt wird relativ mit dem Abstand der Schnittlänge an den letzten angehängt. Die Masterposition darf dabei von einem Capture zum anderen nur einmal Überlaufen.
- oder
2. **Referenzieren:** Das Signal setzt die Masterposition auf einen definierten Wert, z.B. auf 0. Über die Schnittlänge kann dann der Schnittpunkt bestimmt werden.
- oder
3. **Sofortstart:** Das Signal startet sofort einen Sägezyklus

Durch das Hardwaresignal wird bei jedem Schnitt das Material auf die Werkzeugeinheit ausgerichtet. Ein Kumulieren bzw. Auflaufen von minimalen Längenabweichungen pro Schnitt, z.B. durch Angabe einer ungenauen Schnittlänge oder bei einem ungeeigneten Getriebeverhältnis, kann nicht vorkommen.

Für die fliegende Säge mit Hardwaresignal gibt es zwei Varianten. Entscheidend für die Varianten ist, an welcher Stelle das Hardwaresignal das Material erfasst und welche Abstände die einzelnen Produkte zueinander haben:

- Variante 1: Direktes Starten des Sägezyklus nach Hardwaresignal
- Variante 2: Auflaufen von mehreren Hardwaresignalen bis zum Start des zugehörigen Sägezyklus

### Variante 1: Direktes Starten des Sägezyklus nach Hardwaresignal

Der Sägezyklus wird direkt nach Erhalt des zugehörigen Hardwaresignals gestartet. Das Hardwaresignal erfasst das Material so, dass während dem Hardwaresignal und dem Start des zugehörigen Sägezyklus keine weiteren Hardwaresignale erzeugt werden, die wieder einen Sägezyklus starten.

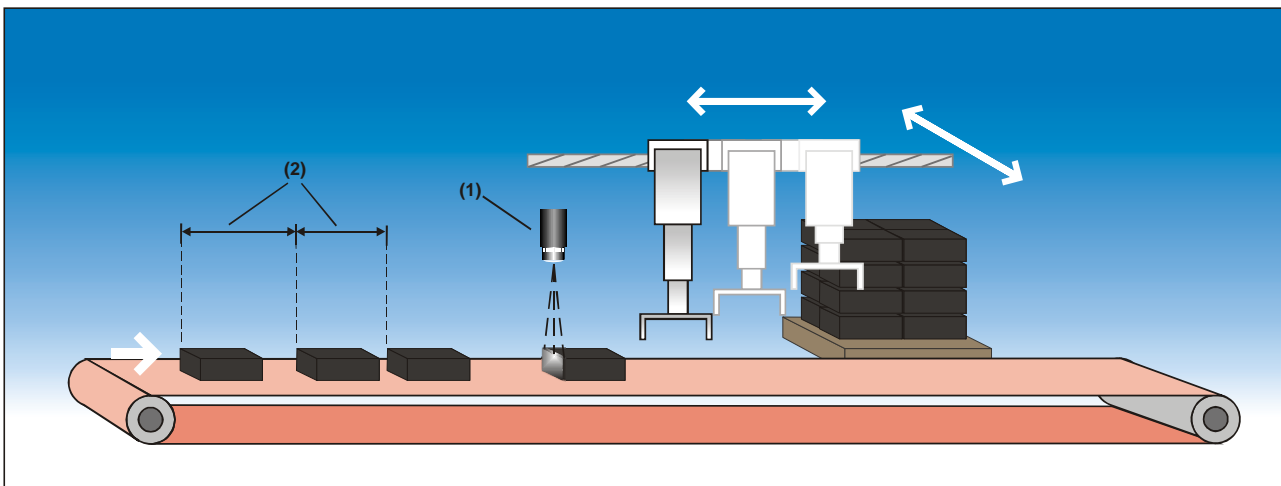
Hier sind zwei Fälle denkbar:

- Fall 1: Der Sägezyklus wird bei jedem Hardwaresignal gestartet
- Fall 2: Der Sägezyklus wird erst nach einer bestimmten Anzahl von Hardwaresignalen gestartet

Im Fall 1 können alle Auswertungen des Hardwaresignals, Capture, Referenzieren und Sofortstart angewandt werden, siehe oben.

Beispielanwendungen:

- Abtransport, Verpacken von Gegenständen, die in undefinierten Abständen ankommen



(1) Sensor erfasst die Kante des Produkts

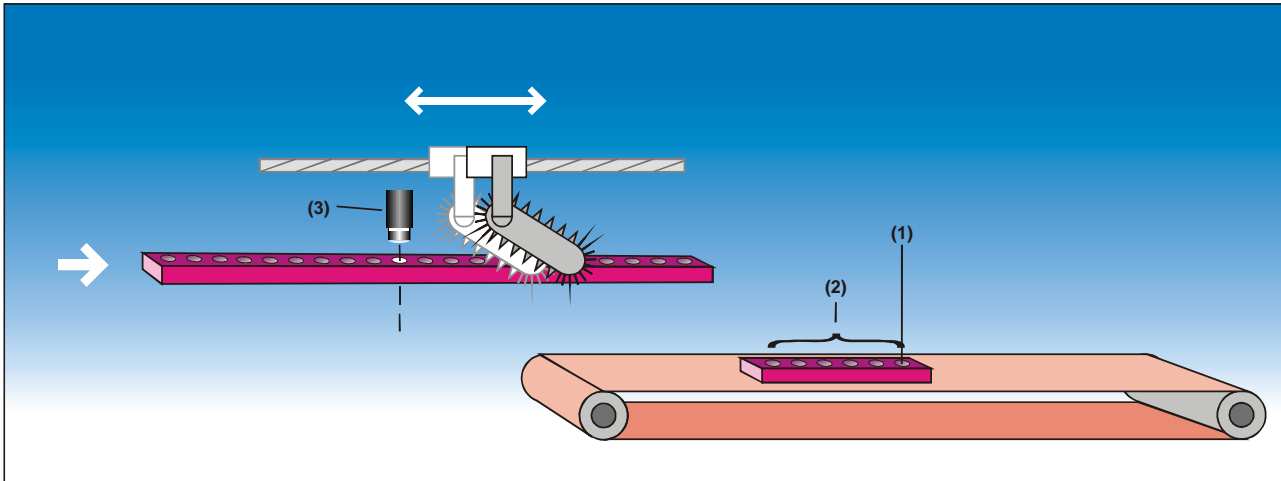
(2) Unterschiedliche und nicht genau vorhersehbare Produktabstände

**Abb. 10: Fliegende Säge mit Hardwaresignal, direkter Start, Fall 1**

Im Fall 2 wird das Hardwaresignal zusätzlich gezählt und führt erst nach einer bestimmten Anzahl von Signalen zum Start eines Sägezyklus. In diesem Fall können ebenfalls alle Auswertungen des Hardwaresignals, Capture, Referenzieren und Sofortstart angewandt werden. Aber über das Steuerungsprogramm muss der Zählerstand des Hardwaresignals überprüft und die entsprechende Funktion, Capture etc., beim Erreichen der Anzahl aktiviert werden. Das Steuerungsprogramm muss diesen Vorgang mindestens in der Zeit ausführen können, die vom vorletzten Hardwaresignal der Zählung bis zum letzten vergeht.

Beispielanwendungen:

- Schneiden von Endlosmaterialien, die nur an einer bestimmten Stelle geschnitten werden sollen, z.B. zwischen einem Lochraster, siehe Abb. 11



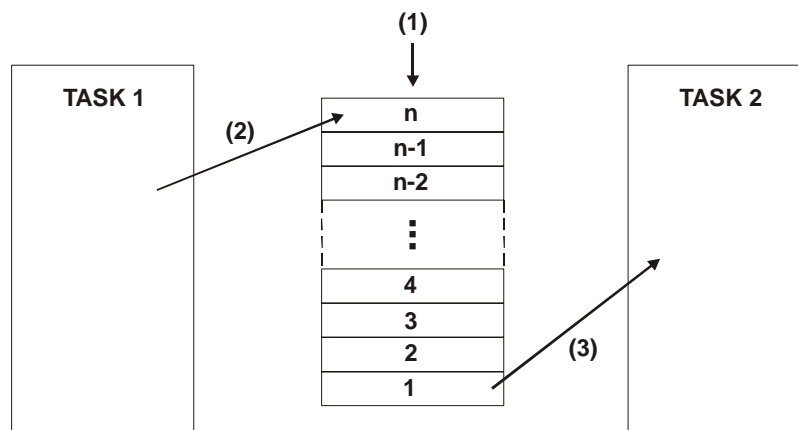
- (1) Ausrichtungspunkt von Material und Werkzeugeinheit über den Sensor durch das Lochraster  
(2) Lochanzahl für den Schnitt  
(3) Sensor erfasst Position des Material am Lochraster

**Abb. 11: Fliegende Säge mit Hardware-Signal, direkter Start, Fall 2**

#### Variante 2: Auflaufen von mehreren Hardware-Signalen bis zum Start des zugehörigen Sägezyklus

Bevor der Sägezyklus zum zugehörigen Hardware-Signal gestartet wird, läuft eine bestimmte Anzahl weiterer Hardware-Signale auf, die ebenfalls einen Sägezyklus starten. In machen Anwendungen ist es nicht möglich, das Hardware-Signal so dicht an der Werkzeugeinheit zu platzieren, dass direkt nach dem Erfassen des Materials auch der zugehörige Sägezyklus gestartet werden kann.

Bei dieser Anwendung wird die Capture-Auswertung des Hardware-Signals angewandt, siehe weiter oben im Kapitel. Die so ermittelten Schnittlängen werden in einen FIFO-Speicher eingetragen. Der FIFO-Speicher wird dann zyklisch ausgelesen und, falls Einträge vorhanden sind, wird ein Sägezyklus mit der ausgelesenen Schnittlänge gestartet. Die Capture-Auswertung und das Eintragen in den FIFO-Speicher wird parallel zum Auslesen des FIFO-Speichers und das Starten des Sägezyklus abgearbeitet, siehe Abb. 12.



TASK1: Prozess, in dem die Capture-Auswertung und das Eintragen in den FIFO-Speicher durchgeführt wird

TASK2: Prozess, in dem das Auslesen des FIFO-Speichers und der Sägezyklus durchgeführt wird

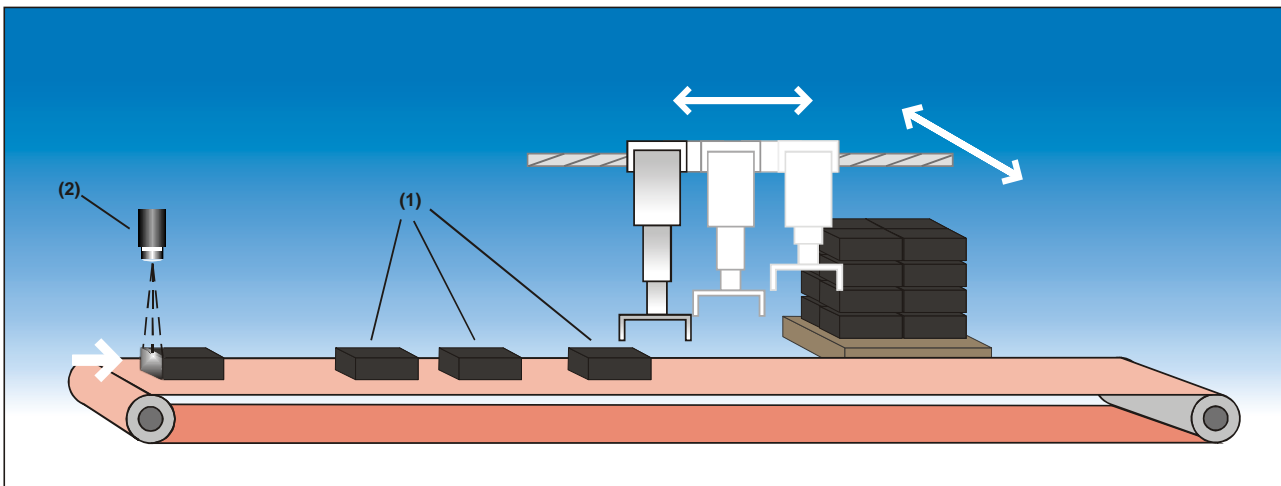
- (1) FIFO-Speicher  
(2) Eintragen einer neuen Schnittlänge  
(3) Auslesen der ältesten Schnittlänge

**Abb. 12: Fliegende Säge mit Hardware-Signal, FIFO-Verarbeitung**

Die Schnitte werden relativ mit dem Abstand der jeweiligen Schnittlänge aneinander gehängt. Weil aber mit dem Hardwaresignal für jeden Schnitt eine individuelle Schnittlänge berechnet wird, kann ein Kumulieren bzw. Auflaufen von minimalen Längenabweichungen nicht vorkommen.

Beispielanwendungen:

- Eine Anwendung, die einzelne Holzleisten zusammen furniert und danach wieder mit einer fliegenden Sägeeinheit vereinzelt. Bei dieser Anwendung sind nach dem Furnieren keine Leistenkanten mehr zu erkennen. Deshalb muss der Sensor zur Erkennung der Leistenkanten vor dem eigentlichen Furniervorgang platziert werden. Der Sensor ist dann soweit von der fliegenden Sägeeinheit entfernt, dass mehrere Leisten zwischen Sensor und Sägeeinheit passen. Keine Abbildung vorhanden.



- (1) Produkte, die noch in der "Warteschlange" sind  
(2) Sensor erfasst die Kante des Produkts

**Abb. 13: Fliegende Säge mit auflaufenden Hardwaresignalen**