

PZU - Unilac-Pulszentrale

Udo Krause
Peter Kainberger

Dieses Papier enthält die Beschreibung des Gerätemodells 'PZUS - Unilac-Pulszentrale' und den Entwurf der Gerätesoftware für dieses Gerät.

Änderungsprotokoll			
Datum	GM-Version	Name	Kommentar
07. Apr. 97	–	P. Kainberger	Beginn der Erstellung
07. Jul. 97	–	P. Kainberger	Zusammenfassung aller bisherigen Einzeldokumente
14. Jul. 97	–	P. Kainberger	Erstellung erst mal abgeschlossen
22. Nov. 97	–	U. Krause	100 Hz HLI gestrichen, Funktionsbeschreibung überarbeitet
29. Nov. 97	–	P. Kainberger	Überarbeitung der Propertybeschreibung
14. Jul. 98	–	P. Kainberger	Überarbeitung und Vervollständigung
08. Jan. 99	–	P. Kainberger	Korrektur
28. Jan. 99	–	P. Kainberger	Anpassungen für Hochstrom, neue Strahlwegkeys
18. Mär. 99	–	P. Kainberger	Änderung Quellentiming
23. Aug. 99	–	P. Kainberger	neue Property RFINFO
08. Sep. 99	–	P. Kainberger	neue Property ACCBLOCK, andere Anpassungen
Feb.2000	–	M. Kühn	Überarbeitete und erweiterte TeX-Source, die in PostScript als auch in HTML konvertiert werden kann.
06.Feb.2001	–	P. Kainberger	IQMODE neu, IQDESCR und IQINFO erweitert
12.Jul.2001	–	P. Kainberger	ACCDESCR erweitert und ACCT-RIGD neu Dokumentation der Signale in der Messstation
05.Sep.2001	–	P. Kainberger	Anpassungen an neue Choppersteuerung, neue Properties für HF-Konditionierung
25.Jan.2002	–	P. Kainberger	IQSDLEN neu, IQDESCR erweitert
06.Dez.2007	–	P. Kainberger	Ergänzungen für TK-LASEP und UM
02.Dez.2008	–	P. Kainberger	neues Event EVT_Prep_AUX

Inhaltsverzeichnis

I	Funktionsbeschreibung	7
1	Begriffe	7
2	Einführung	9
2.1	Umfang der Pulszentrale	9
2.2	Design-Ziele	9
3	Grundlagen	9
3.1	Einteilung in Timing-Abschnitte	9
3.2	Unterteilung der Timing-Abschnitte	10
3.2.1	Motivation	10
3.2.2	Interlock-Abschnitte	10
3.2.3	Interlock-Unterabschnitte	11
3.2.4	Profilgitter-Abschnitte	12
3.3	Strahlwegbeschreibung	14
3.4	Einordnung der Events	15
4	Virtuelle Beschleuniger	16
4.1	Einteilung der virtuellen Beschleuniger	16
4.2	Örtliche Ausdehnung der Betriebsbeschleuniger	16
4.3	Aufbau der Betriebsbeschleuniger	17
4.4	Erhaltung der Abfolge der Betriebsbeschleuniger	18
4.5	Magneteneinstellungen in Unilac-Zyklen ohne Strahl	19
5	Quellen-Abschnitte	19
5.1	Begriffsbestimmung	19
5.2	Aufbau des Quellen-Timings	19
5.3	Wiederholrate (Pulsrate)	22
6	Superzyklus	23
6.1	Betriebsbeschleunigerspezifische Ausführungshäufigkeit	23
6.1.1	Grundtakt der Ausführung: Quellentakt	23
6.1.2	Ausführungshäufigkeit: Strahlen ausserhalb des Transferkanals	23
6.1.3	Ausführungshäufigkeit: Strahlen im Transferkanal	24
6.2	Vorbereitungszeiten	25
6.3	Anforderung von Betriebsbeschleunigern	25
6.4	Prioritätssteuerung der Ausführung von Betriebsbeschleunigern	26
7	Vorbereitung eines Betriebsbeschleunigers	27
7.1	Abschnitt TK (Transferkanal)	27
8	Event-Folgen der Betriebsbeschleuniger	29
9	Konditionierungs-Zyklen	30
10	Stabilisierungs-Zyklen	30
11	Therapie-Betrieb	31
12	Hochstrom	32

13	Unilac-Interlocksystem und -Choppersteuerung	32
13.1	Aufgaben	32
13.2	Steuerung der Quellen-Chopper	33
13.3	Anlagen-Interlocks	34
13.4	Reduktion der Strahlpulsleistung	34
13.5	Betriebsbeschleuniger ohne Strahl	35
13.6	Profilgitterschutz	35
13.7	Kennzeichnug des Anlagenzustandes	36
14	Zyklusmarkierung (Einzelschuss-Messwertaufname)	36
15	Sonstiges	37
15.1	Experiment-Synchronisierpulse (Targetrad-Synchronisation)	37
15.2	Betriebsstatistik	38
16	Optionen	38
16.1	Sparmechanismen	38
II	Die Realisierung in Hard- und Software	39
17	Umfang eines logischen Gerätes	39
18	Choppersteuerung/Interlocksystem	39
18.1	Zu verarbeitende Signale	39
18.2	Choppersteuerung (schnelle Signale)	40
18.3	Anlagen-Informationen (langsame Signale)	40
18.4	Datenaustausch mit der Pulszentrale	41
18.5	Austausch Choppersteuerung – Interlocksteuerung	41
19	Die Schnittstellen der Unilac-Pulszentrale	42
19.1	Der 50 Hz-Generator	44
19.2	Modulbuskomponenten der Unilac-Pulszentrale	45
19.2.1	Funktionscodes der Modulbus-Interfacekarte	45
19.2.2	I/O-Module der Unilac-Pulszentrale	46
19.2.3	Belegung der I/O-Module der Unilac-Pulszentrale	47
19.2.4	Die Schnittstelle des Event-Piggy	49
19.3	Die Schnittstelle zu Interlocksystem und Choppersteuerung	50
19.3.1	Geräteinterlocks	50
19.3.2	Abschnittstassen und EH-Strahlwege	52
19.3.3	Die Schnittstelle zur Choppersteuerung	55
20	Rahmenpulsgeneratoren in der Messstation	56
21	Konfigurationsabfrage	57
22	Die Kommunikation zwischen der Superzyklus- und den Zyklus-Pulszentralen	58
22.1	Austausch von Systemevents	58
22.2	Austausch von Zyklusinformationen	58

23 Die Software der Unilac-Pulszentrale	59
23.1 Berechnung der Eventfolgen und Eventabstände	59
23.1.1 Abhängigkeiten	59
23.1.2 Superzyklus-/Zyklus-Pulszentralen	59
23.1.3 Grundlage aller Berechnungen (50 Hz)	60
23.1.4 Berechnung des Timings (Quellen und Beschleuniger)	60
23.2 Superzyklus-Pulszentrale	66
23.2.1 Abschnittsmasken	66
23.2.2 Profilgitter-Abschnittsmasken	67
23.2.3 Anforderungsbedingungen	67
23.2.4 Beschleunigerzustände	69
23.2.5 Superzyklus-Berechnung	70
23.3 Zyklus-Pulszentralen	71
24 Events mit spezieller Bedeutung	71
24.1 Timingdiagramme	72
25 Besonderheiten	77
25.1 Besonderheiten für den Therapiebetrieb	77
III Das Gerätemodell	79
26 Die Repräsentation des Gerätes	79
26.1 Kennzeichnung des Gerätemodells	79
26.2 Die Master-Properties	79
26.2.1 POWER	80
26.2.2 STATUS	80
26.2.3 INIT	80
26.2.4 RESET	80
26.2.5 VERSION	80
26.2.6 INFOSTAT	80
26.2.7 PZINFO	82
26.2.8 ASYNCDAT	82
26.2.9 SUPCYCLE	83
26.2.10 PZMODE	83
26.2.11 ZEROMODE	84
26.2.12 EHDCACC	84
26.2.13 RFINFO	84
26.2.14 RFDESCR	85
26.2.15 RFSTAB	85
26.2.16 RFCOND	85
26.2.17 IQAVTYPE	86
26.2.18 IQINFO	86
26.2.19 IQTYPE	87
26.2.20 IQDESCR	88
26.2.21 IQACTIV	88
26.2.22 IQSEQU	89
26.2.23 IQLEN	89
26.2.24 IQSDLEN	90
26.2.25 IQMODE	91
26.3 Die Slave-Properties	92

26.3.1	ACTIV	92
26.3.2	COPYSET	92
26.3.3	EQMERROR	92
26.3.4	ACCDEFLT	93
26.3.5	ACCDESCR	93
26.3.6	ACCACTIV	94
26.3.7	ACCSTATE	94
26.3.8	ACCMODE	95
26.3.9	ACCVIA	95
26.3.10	ACCSEQU	97
26.3.11	ACCLEN	97
26.3.12	ACCCHC	97
26.3.13	ACCSTAT	98
26.3.14	ACCBLOCK	98
26.3.15	ACCTRIGD	98

Literatur	100
------------------	------------

Index	101
--------------	------------

Abbildungsverzeichnis

1	Überwachte Interlock-Abschnitte am Unilac	11
2	Profilgitterabschnitte am Unilac	13
3	Hardwareübersicht Schnittstellen der Unilac-Pulszentrale	43
4	Signale des 50 Hz-Generators	44
5	Anschluß der Unilac-Interlock-Abschnitte	51
6	Anschluß der Interlock-Abschnitts-Tassen	53
7	Anschluß der Abschnitts-Tassen-Steuerung und der Experimentierplatz-Umschaltung	54
8	Anschluß der Choppersteuerung	55
9	Signale der Rahmenpulsgeneratoren in der Messstation (Vorderansicht)	56
10	Reguläre Schwankungsbreite zwischen zwei 50 Hz-Triggern	60
11	Übersicht zu den Timinganforderungen der verschiedenen Quellentypen	61
12	Abhängigkeiten bei der Eventberechnung	64
13	Ergebnis einer Eventberechnung (Beispiel)	65
14	Abbildung der Strahlwege und Timingabschnitte auf eine Abschnittsmaske	66
15	Einteilung der Strahlwege in Profilgitterabschnitte	67
16	Ablauf einer SIS-Strahlanforderung	68
17	Beschleunigerzustände und mögliche Übergänge zwischen denselben	70
18	Signale des 50 Hz-Generators	73
19	Aktivitäten der Superzyklus-Pulszentrale bei der Berechnung des Superzyklus	74
20	Aktivitäten der Zyklus-Pulszentrale zu Beginn eines Zyklus	75
21	Aktivitäten der Zyklus-Pulszentrale am Ende eines Zyklus	76
22	Triggerpuls für Experimente	99

Teil I

Funktionsbeschreibung

1 Begriffe

Die hier aufgeführten Begriffe werden in *dieser* Notiz in der folgenden Bedeutung benutzt:

Anlagen-Interlock: Störungsmeldung einer Beschleunigerkomponente, die in das Unilac-Interlocksystem eingespeist wird und dazu führt, dass der Strahl vom Unilac-Interlocksystem ausgetastet wird.

Beschleunigungs-Abschnitt: Ein Timing-Abschnitt, der kein Quellen-Abschnitt ist. In einem Beschleunigungs-Abschnitt wird ein in einer Ionen-Quelle erzeugter Ionen-Puls (oder ein Teil davon) weitertransportiert und beschleunigt (oder gegebenenfalls nur weitertransportiert).

Beschleunigungs-Zyklus: Die Zeiteinheit, in der ein Strahlpuls beschleunigt wird. Sie beträgt derzeit immer 20 ms.

Betriebsbeschleuniger: Virtuelle Beschleuniger 0...13. Nur diese virtuellen Beschleuniger stehen dem Betrieb zur Verfügung. Der virtuelle Beschleuniger 14 wird nur in den Quellen-Abschnitten und in den HF-Abschnitten benutzt. Der virtuelle Beschleuniger 15 dient ausschließlich internen Zwecken der Pulszentrale.

Quellenbeschleuniger / Konditionierungsbeschleuniger: Virtueller Beschleuniger 14. Dieser virtuelle Beschleuniger 14 wird in den Quellenabschnitten zum lokalen Betrieb der Quellen und in den HF-Abschnitten zum Konditionieren der HF-Anlagen benutzt.

Event-Folge: Die Abfolge von Events mit einem festen Zeitbezug. Hier ist nicht nur die Reihenfolge der Events, sondern auch der Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Events festgelegt.

Event-Sequenz: Die Abfolge von Events in einer bestimmten Reihenfolge. Dabei ist der Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Events unerheblich.

Globale Events: Events, die in allen Timing-Abschnitten verschickt werden, also im gesamten Unilac.

Interlock-Abschnitt: Abschnitt des Beschleunigers, in die dieser zur Ansteuerung des Unilac-Interlocksystems eingeteilt werden muss.

Interlock-Unterabschnitt: Unterteilung einiger Interlock-Abschnitte in Bereiche, die nur quasistatisch mit Strahl beliefert werden können. Zwischen diesen Abschnitten kann der Strahl zwar umgeschaltet werden, aber nicht von Puls zu Puls.

Lokale Events: Events, die nur in einzelnen Timing-Abschnitten verschickt werden, z. B. nur in den Quellen-Abschnitten.

Markierungs-Events: Diese Events dienen dazu, einzelne Ausführungen eines virtuellen Beschleunigers zu kennzeichnen, um Messwerte voneinander unabhängiger Geräte gleichzeitig aufnehmen zu können. Sie werden nicht bei jeder Ausführung eines virtuellen Beschleunigers verschickt, sondern jedes Verschicken muss einzeln angefordert werden.

Profilgitter-Abschnitt: Abschnitt des Beschleunigers, in die dieser zur Umsetzung des Profilgitter-Schutzes eingeteilt werden muss.

Quellen-Abschnitt: Ein Timing-Abschnitt, der eine Ionen-Quelle enthält.

Quellenpuls: Puls von geladenen Teilchen, den eine Ionen-Quelle liefert.

Quellen-Timing: Die Event-Folge in einem Quellen-Abschnitt.

Stabilisierungs-Zyklus: Unilac-Zyklen, in denen kein Betriebsbeschleuniger abläuft, in denen aber Events verschickt werden, so dass die Ionen-Quellen bzw. die HF-Anlagen getriggert werden. In den Stabilisierungs-Zyklen befindet sich *kein* Strahl in der Anlage.

Strahl-Pfad: Beschleuniger-Bereich, der eine von mehreren alternativen Wegen für den Strahl zu einem Strahl-Ziel darstellt.

Strahlpuls: Puls von geladenen Teilchen, der im Unilac beschleunigt wird. Ist in der Regel nur ein zeitlich begrenzter Ausschnitt des in einer Ionen-Quelle erzeugten Ionen-Pulses.

Strahl-Quelle: Beschleuniger-Bereich, der Ausgangspunkt eines Ionen-Strahles ist (der eine Ionen-Quelle enthält).

Strahl-Ziel: Beschleuniger-Bereich, in dem ein Ionen-Strahl planmäßig enden soll.

Superzyklus: Abfolge der virtuellen Beschleuniger.

Superzyklus-Pulszentrale: Die Synchronisierereinheit der Zyklus-Pulszentralen. Sie ist den Zyklus-Pulszentralen übergeordnet und steuert die Ausführung der virtuellen Beschleuniger der Zyklus-Pulszentralen und bestimmt damit unter anderem die Abfolge der virtuellen Beschleuniger in allen Timing-Abschnitten.

Therapie-Beschleuniger: Der für die Belieferung des Bestrahlungsplatzes vorgesehene Betriebsbeschleuniger. Festgelegt ist dafür der virtuelle Beschleuniger Nr. 0.

Timing: Die Folge der Events.

Timing-Abschnitt: Der Teil des Timing-Systems des Unilacs, der von einer Zyklus-Pulszentrale versorgt wird.

Unilac-Interlocksystem: System, das den Strahl möglichst nahe an der jeweiligen Ionen-Quelle unterbricht, wenn in einem der vom Strahl durchlaufenen Strahlweg-Abschnitte über ein Anlagen-Interlock eine Störung gemeldet wird.

Unilac-Zyklus: Die Zeitabschitte, in denen der Unilac getaktet ist. Ein Unilac-Zyklus dauert derzeit immer 20 ms (abgeleitet aus den 50 Hz der Netzversorgung).

Vorbereitungs-Events: Events, die nicht Teil der Event-Folge eines virtuellen Beschleunigers sind. Sie werden von der Pulszentrale eingefügt und dienen zur Vorbereitung (und teilweise zur Nachbearbeitung) des Ablaufs eines virtuellen Beschleunigers.

Zyklus-Pulszentrale: Ein Eventgenerator der Unilac-Pulszentrale, der das Timing für einen Timing-Abschnitt erzeugt.

2 Einführung

In diesem Abschnitt sollen die Eigenschaften der Unilac-Pulszentrale zusammengestellt werden, soweit sie für die Überarbeitung und Neuentwicklung wichtig sind. Die hier zusammengetragenen Informationen wurden entwickelt aus Anforderungen, die in vielen Gesprächen mit Komponenten- und Anlagenverantwortlichen der Gruppen INJ, BBE, IQU, HFQ, SD und BEN ermittelt wurden. Besonders hervorgehoben seien dabei die ausführlichen Diskussionen mit J. Glatz. Eine sehr wertvolle Quelle für diese Notiz war die Analyse der in der von J. Glatz entwickelten Unilac-Pulszentrale implementierten Funktionalität, die von P. Kainberger ermittelt und zusammengestellt wurde (siehe [1]).

2.1 Umfang der Pulszentrale

Das Gerät *Unilac-Pulszentrale* dient primär zur Generierung des Timings, also der Erzeugung von Event-Folgen, im Unilac. Wie im Abschnitt 3.1 beschrieben, ist das Timingsystem des Unilac in unabhängige Abschnitte unterteilt. Jeder dieser Timing-Abschnitte wird von einer eigenen Zyklus-Pulszentrale versorgt. Die Abläufe auf den Zyklus-Pulszentralen werden durch *eine* Superzyklus-Pulszentrale koordiniert und über einen für alle Zyklus-Pulszentralen gemeinsamen Trigger synchronisiert.

Im folgenden werden die Superzyklus-Pulszentrale und die Zyklus-Pulszentralen unter dem Begriff *Pulszentrale* zusammengefasst. Soweit möglich, wird dabei nicht auf die Aufteilung der Aufgaben zwischen Superzyklus-Pulszentrale und Zyklus-Pulszentrale eingegangen. Ziel ist es, die Funktionalität der Pulszentrale als ganzes zu beschreiben. Daraus ergibt sich dann die Aufteilung der Funktionen auf die einzelnen Komponenten.

In dieser Aufstellung sollen nur die Eigenschaften des Gerätes „Pulszentrale“ behandelt werden. Es soll nicht darauf eingegangen werden, wie dieses Gerät zu bedienen ist. Aufbau und Funktion von Operating-Software zur Bedienung des Gerätes soll *nicht* Inhalt dieser Aufstellung sein.

2.2 Design-Ziele

Einige der zugrundeliegenden Ziele der Überarbeitung seien hier genannt:

- Die Bedienung der Pulszentrale soll allein über Properties erfolgen. Hardware-Einstellkomponenten (wie das Steckbrett) werden vermieden.
- Dem Betrieb soll eine möglichst große Anzahl von virtuellen Beschleunigern zur Verfügung stehen. Die feste Verwendung von virtuellen Beschleunigern für interne Zwecke der Pulszentrale ist auf das unbedingt nötige Maß zu beschränken. Grundsätzlich soll jeder virtuelle Beschleuniger für jede Aufgabe benutzt werden können.
- Wo immer es möglich ist, sollen die Eingaben für die Pulszentrale überprüft werden und unsinnige Eingaben zurückgewiesen werden. Dabei soll sich an physikalischen Grenzwerten der Anlage orientiert werden.

3 Grundlagen

3.1 Einteilung in Timing-Abschnitte

Das Timing-System des Unilac ist in sieben Timing-Abschnitte unterteilt. Dazu gibt es noch einen speziellen Timing-„Abschnitt“, der Sonderaufgaben für Experimentaufbauten übernimmt. Insgesamt gibt es folgende Timing-Abschnitte:

UL Quelle links
UR Quelle rechts
UQ Quelle im Hochladungsinjektor (HLI)
UN Hochladungsinjektor (HLI)
UH Hochstrominjektor (HSI)
AT Alvarez, Tunnel, Experimentierhalle
TK Transferkanal

Die Timing-Systeme der einzelnen Abschnitte sind voneinander unabhängig. Jeder Timing-Abschnitt wird von einer eigenen Zykluspulszentrale versorgt. Die einzelnen Zykluspulszentralen arbeiten synchron.

Der Unilac arbeitet in einem strengen 50 Hz-Raster, d. h. das Timing-System arbeitet mit Zeitscheiben von 20 ms Dauer (Unilac-Zyklus). Ein Beschleunigungszyklus dauert derzeit genau 20 ms, innerhalb einer solchen Zeitscheibe kann in jedem Timing-Abschnitt nur höchstens ein Beschleunigungszyklus ablaufen. Zu beachten ist, dass die Zykluslänge in den Quellen-Abschnitten vielfache des 20 ms Grundrasters betragen kann.

3.2 Unterteilung der Timing-Abschnitte

3.2.1 Motivation

Die Einteilung in Timing-Abschnitte ist noch nicht ausreichend. Innerhalb einiger Timing-Abschnitte gibt es Bereiche der Beschleuniger-Anlagen, die nur alternativ vom Strahl durchlaufen werden können (in einem Unilac-Zyklus wird entweder Strahl in den X-, den Y- oder den Z-Zweig der Experimentierhalle geliefert, niemals in mehrere zugleich). Für die Behandlung von Anlagen-Interlocks (Unilac-Interlocksystem) ist es aber von Bedeutung, welcher von mehreren möglichen Alternativen gerade vom Strahl durchlaufen wird.

ähnliches gilt für das Verfahren, durch den ein Schutz der Profulgitter gegen Zerstörung durch den Strahl realisiert werden soll. Deshalb ist eine Unterteilung des Beschleunigers in Interlock-Abschnitte (mit einer teilweisen Unterteilung in Unterabschnitte) sowie Profulgitterabschnitte erforderlich.

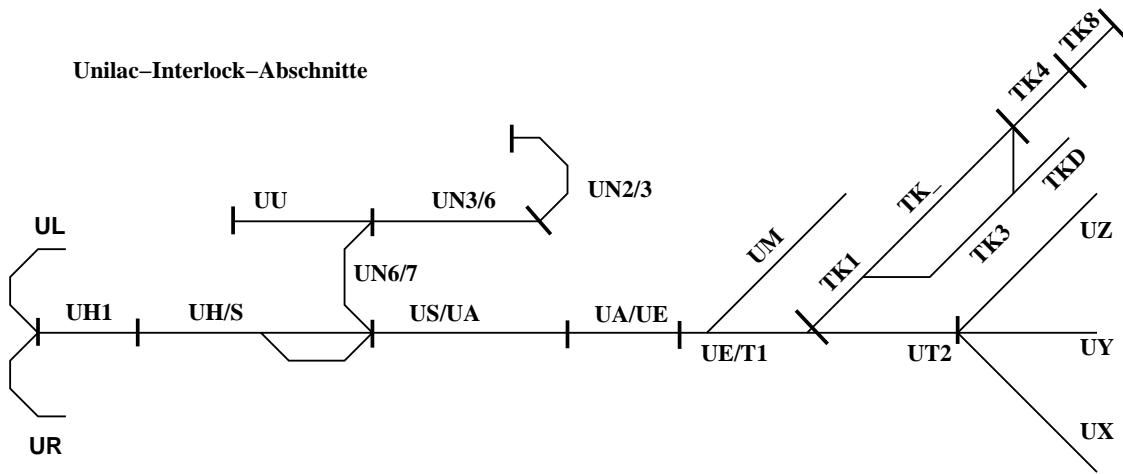
3.2.2 Interlock-Abschnitte

Interlock-Abschnitte sind die Unterteilung des Beschleunigers in einzelne Bereiche, die für das Unilac-Interlocksystem erforderlich sind. Dabei müssen nur die Bereiche betrachtet werden, die von Strahlen aus unterschiedlichen Ionen-Quellen durchlaufen werden können (z. B. der Alvarez-Bereich), oder die alternativ mit Strahl beliefert werden können (z. B. Materialforschungsmessplatz und Strahlführung vom HLI zum Unilac).

- Interlock-Abschnitte sind die größten zusammenhängenden Beschleuniger-Bereiche, von denen zur Behandlung von Anlagen-Interlocks bekannt sein muss, ob sie gerade von Strahl durchlaufen werden, und wenn, aus welcher Ionen-Quelle.
- Die einzelnen Interlock-Abschnitte können auf einer Puls-zu-Puls Basis weitgehend beliebig von Strahl durchlaufen werden. Zur korrekten Behandlung der Anlagen-Interlocks muss daher für jeden Beschleunigungs-Zyklus bekannt sein, ob ein Interlock-Abschnitt aktuell von Strahl (und aus welcher Quelle) durchlaufen werden.
- Die unterstützten Interlock-Abschnitte sind:

Interlock-Abs.	Timing-Abs.	Bedeutung
UN2/3	UQ	
UN3/6	UN	
UN6/7	UN	Strahlführung HLI (UN6MK1) bis Lasep-Magnet (US4MK1)
UU	UN	Experimentierplatz Materialforschung
UL	UL	
UR	UR	
UH1	UH	
UH/S	UH	
US/A	AT	Stripper-Abschnitt bis Alvarez
UA/E	AT	Alvarez bis Einzelresonatoren
UE/T1	AT	Einzelresonatoren bis incl. Abzweig Transferkanal
UT2	AT	Abzweig Transferkanal bis X-, Y-, Z-Verteilung
UX	AT	Ex-Halle X-Zweig
UY	AT	Ex-Halle Y-Zweig
UZ	AT	Ex-Halle Z-Zweig
UM	AT	Ex-Halle M-Zweig
TK1	TK	Transferkanal
TK-	TK	Transferkanal (geradeaus, ohne LASEP)
TK3	TK	Transferkanal (LASEP)
TKD	TK	Transferkanal (Diagnosemessplatz)
TK4	TK	Transferkanal
TK8	TK	Transferkanal

- Abbildung 3.2.2 auf Seite 11 zeigt die geographische Anordnung der Interlock-Abschnitte.



Stand 29.11.2007

Abbildung 1: Überwachte Interlock-Abschnitte am Unilac

3.2.3 Interlock-Unterabschnitte

Für die Behandlung von Anlagen-Interlocks in der Experimentierhalle (Interlock-Abschnitte **UX**, **UY**, **UZ** und **UM**) ist die Unterteilung in Interlock-Abschnitte noch zu grob. Hier ist als Unterteilung dieser Interlock-Abschnitte eine Aufteilung in die einzelnen Messplätze erforderlich, denn nur Anlagen-Interlocks in tatsächlich mit Strahl belieferten Messplätzen sollen behandelt werden.

- Ein Interlock-Unterabschnitt ist eine Unterteilung eines Interlock-Abschnittes.

- Unterschiedliche Interlock-Unterabschnitte innerhalb eines Interlock-Abschnittes können *nicht* von Puls-zu-Puls unterschiedlich von Strahl durchlaufen werden. Innerhalb eines Interlock-Abschnittes wird für eine Beschleuniger-Einstellung immer derselbe Interlock-Unterabschnitt mit Strahl beliefert.

Soll ein anderer Interlock-Unterabschnitt mit Strahl beliefert werden, muss der Beschleuniger umgestellt werden („Init-änderung“).

- Deshalb muss innerhalb eines Interlock-Abschnittes immer nur *ein* Interlock-Unterabschnitt betrachtet werden (nur der jeweils mit Strahl belieferte).

Bei einer Beschleuniger-Einstellung ist daher jeweils einer der Interlock-Unterabschnitte als *aktuell aktiver* Interlock-Unterabschnitt anzugeben.

- Derzeit werden nur Interlock-Unterabschnitte in den Interlock-Abschnitten **UX**, **UY**, **UZ** und **UM** unterstützt.

- Die Interlock-Unterabschnitte werden bezeichnet durch:

Intl.-Unterabschn.	Intl.-Abschn.	Bedeutung
UXx	UX	Strahlweg zum Experimentierplatz x im X-Zweig
UYy	UY	Strahlweg zum Experimentierplatz y im Y-Zweig
UZz	UZ	Strahlweg zum Experimentierplatz z im Z-Zweig
UMm	UM	Strahlweg zum Experimentierplatz m im M-Zweig

- Zur Vereinfachung steht im folgenden bei unterteilten Interlock-Abschnitten die Bezeichnung des Interlock-Abschnittes jeweils für den gerade aktiven Interlock-Unterabschnitt.

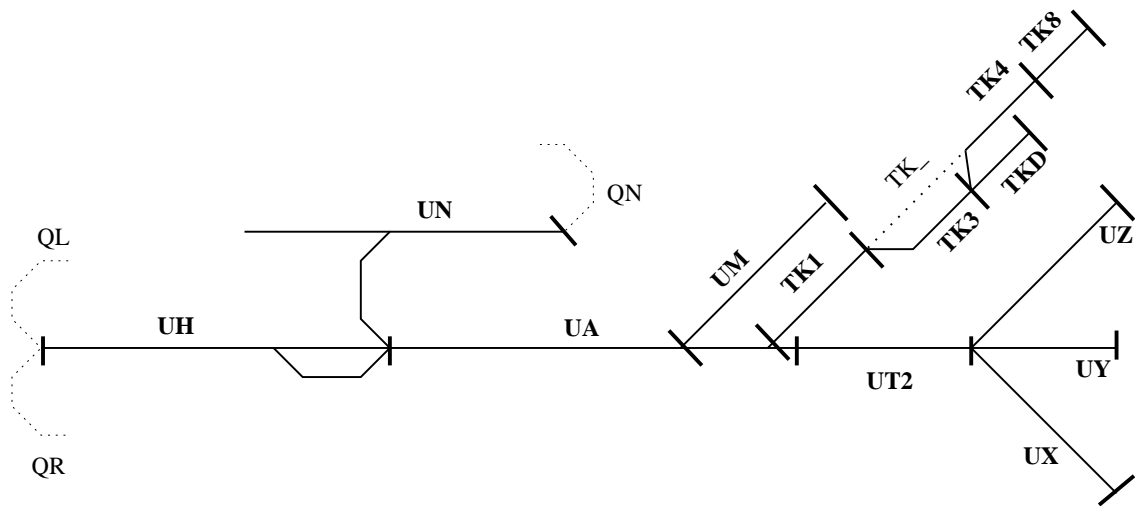
3.2.4 Profilgitter-Abschnitte

Zur Realisierung des geplanten Profilgitter-Schutzes muss der Beschleuniger ebenfalls in einzelne Bereiche eingeteilt werden. Diese Bereiche hängen eng mit den Interlock-Bereichen zusammen. Allerdings ist einerseits eine teilweise feinere Unterteilung erforderlich, andererseits müssen für den Profilgitterschutz nicht nur die Bereiche betrachtet werden, die aus verschiedenen Quellen beliefert werden, sondern fast der gesamte Beschleuniger.

- Profilgitter-Abschnitte sind die größten zusammenhängenden Beschleuniger-Bereiche, von denen zur Realisierung des Profilgitter-Schutzes bekannt sein muss, ob sie gerade von Strahl durchlaufen werden, und gegebenenfalls, aus welcher Ionen-Quelle.
- Die unterstützten Profilgitter-Abschnitte sind:

Profilgitter-Abs.	Timing-Abs.	Bedeutung
UH	UH	Hochstrominjektor
UN	UN	Hochladungsinjektor
UA	AT	Alvarez usw. bis incl. Abzweig Transferkanal
UT2	AT	Abzweig Transferkanal bis Aufteilung in X-, Y-, Z-Zweig
UX	AT	Ex-Halle X-Zweig
UY	AT	Ex-Halle Y-Zweig
UZ	AT	Ex-Halle Z-Zweig
UM	AT	Ex-Halle M-Zweig
TK1	TK	Transferkanal (TK1... TK2)
TK3	TK	Transferkanal (TK3)
TKD	TK	Transferkanal (TKD)
TK4	TK	Transferkanal (TK4... TK7)
TK8	TK	Transferkanal (TK8... TK9)

Abbildung 3.2.4 auf Seite 13 zeigt die geographische Anordnung der Profilgitter-Abschnitte.



Profilgitter-Abschnitts-Maske:

Bit 12

7

0

UM	TK8	TK4	TKD	TK3	TK1	UZ	UY	UX	UT2	UA	UN	UH
----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	----	-----	----	----	----

Stand: 29.11.2007

Abbildung 2: Profilgitterabschnitte am Unilac

3.3 Strahlwegbeschreibung

Es wäre sehr unübersichtlich und daher verwirrend, wenn Timing-Abschnitte, Interlock-Abschnitte (mit Interlock-Unterabschnitten) und Profilgitter-Abschnitte vom Operating parallel zu versorgen wären.

Die Zusammenhänge, die die Pulszentrale betreffen, kann man aus dem Weg ableiten, den ein Strahl im Beschleuniger nimmt. Daher genügt es (jedenfalls an den meisten Stellen), der Pulszentrale lediglich den Weg bekanntzugeben, den der jeweilige Strahl im Beschleuniger nimmt. Dieser Weg des Strahles ist ausreichend beschrieben durch Anfangspunkt (Strahl-Quelle), Endpunkt (Strahl-Ziel) und gegebenenfalls durch die Angabe, welcher von mehreren möglichen Wegen durchlaufen wird (Strahl-Pfad).

- Eine Strahl-Quelle ist ein Beschleuniger-Bereich, der Ausgangspunkt eines Ionen-Strahles ist (der eine Ionen-Quelle enthält).
- Ein Strahl-Ziel ist ein Beschleuniger-Bereich, in dem ein Ionen-Strahl endet.

In den meisten Timing-Abschnitten gibt es nur ein mögliches Strahl-Ziel. Diese Strahl-Ziele werden zur Vereinfachung gleich bezeichnet wie die Timing-Abschnitte, über die sie angeschlossen sind. Strahl-Quellen können nur die Ionen-Quellen „Quelle Links“, „Quelle Rechts“ und „Quelle HLI“ sein. Diese Strahl-Quellen werden gleich bezeichnet wie der Timing-Abschnitt, über die sie angeschlossen sind.

- Mögliche Strahl-Quellen sind:

Bezeichnung	Bedeutung
UL	Quelle links
UR	Quelle rechts
UQ	Quelle HLI

- Mögliche Strahl-Ziele sind:

Strahl-Ziel	Timing-Abschnitt	Bedeutung
UU	UN	Experimentierplatz Materialforschung
UN7	UN	Lasep-Magnet US4MK1 aus HLI
US3	UH	Lasep-Magnet US4MK1 aus UL/UR
TKU	TK	Transferkanal (umgelenkt über LASEP)
TKG	TK	Transferkanal (geradeaus ohne LASEP) Siehe auch Abbil-
TKD	TK	Transferkanal (Diahnosemessplatz)
UXx	AT	Ex-Halle X-Zweig, Messplatz x
UYy	AT	Ex-Halle Y-Zweig, Messplatz y
UZz	AT	Ex-Halle Z-Zweig, Messplatz z
UMm	AT	Ex-Halle M-Zweig, Messplatz m

dung 23.2.1 auf Seite 66.

- Da bei einer Beschleuniger-Einstellung nur jeweils ein Messplatz im X-, Y- und Z-Zweig der Experimentierhalle aktiviert sein kann, gilt folgende Bezeichnungsweise: Das Strahl-Ziel **UX** bezeichnet das jeweils gerade im X-Zweig aktive Strahl-Ziel **UXx**. Entsprechendes gilt für die Strahl-Ziel Bezeichnung **UY**, **UZ** und **UM**.

Man beachte, dass z. B. mit der Bezeichnung **UN** ein Timing-Abschnitt, ein Interlock-Abschnitt, ein Profilgitter-Abschnitt oder ein Strahl-Ziel gemeint sein kann. Diese mehrdeutige Bezeichnungsweise kann verwirren, insbesondere, da die unterschiedlichen Bedeutungen jeweils etwas unterschiedliche Bereiche des Beschleunigers umfassen können! Es soll daher darauf geachtet werden, die Mehrdeutigkeit durch eine eindeutige Zuordnung der Begriffe „Timing-Abschnitt“, „Interlock-Abschnitt“, „Profilgitter-Abschnitt“ oder „Strahl-Ziel“ aufzulösen.

3.4 Einordnung der Events

Die Übermittlung der Zeitinformationen geschieht über Events. Die Events sind nach verschiedenen Kriterien klassifiziert. Die wichtigste Unterscheidung ist die zwischen System-Events (Eventcodes ab 200 und größer) für interne Zwecke des Kontrollsystems und allgemeinen Events (Eventcodes unter 200) zur Steuerung der Geräte.

Für die im Unilac verwendeten allgemeinen Events wird im folgenden weiter unterschieden zwischen vier Klassen:

Globale Events: Das sind Events, die im gesamten Unilac, also in allen Timing-Abschnitten, benutzt werden und überall dort eine einheitliche Bedeutung haben. Es sind dies die Events:

Eventname	Code	Bedeutung
EVT_Start_RF	1	power to RF cavities
EVT_Prep_Beam_On	4	switch on chopper, read act. values
EVT_Beam_On	6	valid beam
EVT_Beam_Off	8	end of beam production
EVT_Stop_RF	12	switch RF off
EVT_Prep_Next_Acc	16	prepare next acc., write set values
EVT_Prep_Uni_Diag	19	prepare diagnostic devices, Unilac
EVT_Prep_Aux	20	auxiliary prepare
EVT_Pretrig_Beam	28	magnets on flattop, PG trigger
EVT_Uni_End_Cycle	29	end of a UNILAC cycle

Lokale Events: Das sind Events, die nur in einzelnen Timing-Abschnitten von Bedeutung sind. Diese Events können nicht von beliebigen Geräten benutzt werden, sie werden nur für besondere Zwecke in einzelnen Timing-Abschnitten benutzt.

Es sind dies Events zum Betrieb der Ionenquelle sowie das zur Synchronisation mit dem SIS benutzte Event:

Eventname	Code	Bedeutung
EVT_Start_IQ	2	begin of beam production
EVT_IQ_Heating	3	begin of ion source arc, ECR RF
EVT_IQ_Gas_on	5	begin of ion source gas pulse
EVT_Stop_IQ	10	end of beam production
EVT_SD_Aux_Start	26	beam diagnostics aux start trigger
EVT_SD_Aux_Stop	27	beam diagnostics aux stop trigger
EVT_Ready_to_SIS	30	10 ms before beam transfer

Vorbereitungs-Events: Diese Events sind nicht Teil der Event-Sequenzen der virtuellen Beschleuniger. Sie werden bei Bedarf *einzel*n verschickt, um die spätere Ausführung eines virtuellen Beschleunigers vorzubereiten. Als Beispiel seien genannt die Vorbereitung der langsamen TK-Magnete:

Eventname	Code	Bedeutung
EVT_Aux_Prp_Nxt_Acc	17	set values in magnet prep. cycles
EVT_RF_Prep_Nxt_Acc	18	begin of RF heating cycle
EVT_Magn_Down	25	set values in magnets to zero

Markierungs-Events: Diese Events sind nicht Teil der Event-Sequenzen der virtuellen Beschleuniger. Sie werden *nach Aufforderung einzel*n verschickt. Diese Events dienen zur Synchronisation der Messwertaufnahme bei voneinander unabhängig arbeitenden Geräten („Einzelschuss-Messung“).

Eventname	Code	Bedeutung
EVT_XXX_1	nm	Markierungs Event 1
EVT_XXX_2	nm	Markierungs Event 2
EVT_XXX_3	nm	Markierungs Event 3
EVT_XXX_4	nm	Markierungs Event 4

Namen und Codes der Markierungs-Events für den Unilac sind noch festzulegen!

4 Virtuelle Beschleuniger

4.1 Einteilung der virtuellen Beschleuniger

- Für das Operating stehen nur die virtuellen Beschleuniger Nr. 0... 13 zur Verfügung. Der virtuelle Beschleuniger Nr. 15 wird für interne Zwecke der Pulszentrale benutzt und ist für das Operating *nicht* zugänglich.
- Diese vom Operating nutzbaren virtuellen Beschleuniger Nr. 0... 13 werden im folgenden als *Betriebsbeschleuniger* bezeichnet.
- In jedem ablaufenden Betriebsbeschleuniger wird Strahl aus der Ionen-Quelle im zugeordneten Quellen-Abschnitt extrahiert und kann transportiert werden (wenn das nicht durch Störungen oder Operateurseingriff verhindert ist).
- In den Quellen-Abschnitten gibt es keine Puls-zu-Puls Umtastung wie im Rest der Anlagen. Die Abschnitte werden zwar gepulst betrieben, es gibt aber für alle Komponenten nur eine Einstellung. Die Quellen-Abschnitte erscheinen also als „gepulste nichtumtastbare Bereiche“. Da über den Timing-Bus in allen Nicht-Datenevents immer eine Nummer eines virtuellen Beschleunigers übertragen wird, muss auch immer eine definiert sein. Es wird daher intern der virtuelle Beschleuniger Nr. 14 verwendet. Diese Nummer tritt aber nach aussen hin *nicht* in Erscheinung.
- Darüberhinaus gibt es keine von vornherein festgelegte Zuordnung von Betriebsbeschleunigern zu Funktionalitäten oder zu Timing-Abschnitten. Jeder Betriebsbeschleuniger kann (von der Pulszentrale her) für beliebige Zwecke benutzt werden¹.

4.2 Örtliche Ausdehnung der Betriebsbeschleuniger

Die Betriebsbeschleuniger sind jeweils nicht im ganzen Unilac definiert. Events für diese virtuellen Beschleuniger werden nur in den Timing-Abschnitten verschickt, die benötigt werden, um den jeweiligen Strahl zu beschleunigen bzw. zu transportieren, sowie gegebenenfalls in dem zugeordneten Quellenabschnitt. Welche Timing-Abschnitte für die jeweiligen Betriebsbeschleuniger erforderlich sind, ist an der Pulszentrale einzustellen. Darüberhinaus benötigt das Unilac-Interlocksyste detaillierte Informationen, durch welchen Beschleuniger-Bereich innerhalb eines Timing-Abschnittes der jeweilige Betriebsbeschleuniger geht.

Die Einstellung geschieht, indem jedem Betriebsbeschleuniger eine Strahl-Quelle und ein Strahl-Ziel zugeordnet werden.

- Jedem Betriebsbeschleuniger sind eine Strahl-Quelle und ein Strahl-Ziel zuzuordnen.
Mögliche Strahl-Quellen sind **UL**, **UR**, **UQ**, mögliche Strahl-Ziele sind **UH1**, **US3**, **UN1**, **UN7**, **UU**, **AT**, **TKU**, **TKG**, **TKD** und **UX**, **UY**, **UZ**, **UM** bzw. genauer die jeweils ausgewählten Strahl-Ziele **UXx UYy UZz UMm** (siehe Abschnitt 3.3).

¹Eine feste Zuordnung von virtuellen Beschleunigern zu Aufgaben kann aus vielerlei Gründen trotzdem sinnvoll sein.

- Über die Zuordnung von Strahl-Quelle und Strahl-Ziel ist jedem Betriebsbeschleuniger eine Kombination von Timing-Abschnitten zugeordnet, die die Komponenten der Strecke von Strahl-Quelle zu Strahl-Ziel mit Timing-Informationen versorgen.

Die zugeordneten Timing-Abschnitte sind genau die Timing-Abschnitte, die gleichartig zusammenarbeiten müssen, um den jeweiligen Strahl zu produzieren.

- Über die Zuordnung von Strahl-Quelle und Strahl-Ziel sind jedem Betriebsbeschleuniger auch die Interlock-Abschnitte und die Profilgitter-Abschnitte zugeordnet, die vom Strahl in dem Betriebsbeschleuniger durchlaufen werden.
- Mehrere Betriebsbeschleuniger können *gleichzeitig* ausgeführt werden, solange sie sich nicht örtlich überlappen. Anders ausgedrückt: Wenn mehreren Betriebsbeschleunigern keine Timing-Abschnitte gemeinsam zugeordnet sind, können diese Betriebsbeschleuniger gleichzeitig ablaufen.

Beispiel: Sind zwei Betriebsbeschleunigern die Timing-Abschnitte **UN/AT/TK** bzw. **UL/UH** zugeordnet, können diese Betriebsbeschleuniger gleichzeitig ablaufen, d. h. in demselben Unilac-Zyklus.

- Die Betriebsbeschleuniger sind nur in den jeweiligen Beschleunigungs-Abschnitten definiert, nicht aber in den den Betriebsbeschleunigern zugeordneten Quellen-Abschnitten.

Die Quellen-Abschnitte werden als „gepulste nichtumtastbare Bereiche“ betrieben. Näheres siehe im Abschnitt 5.

Gültige Kombinationen von Strahl-Quelle und Strahl-Ziel mit den jeweils zugeordneten Timing-Abschnitten sind zum Beispiel:

Quelle	Ziel	Quellen-Abschnitt	Beschleunigungs-Abschnitte
UL	UX	UL	UH, AT
UL	US3	UL	UH
UN	TKU	UQ	UN, AT, TK

4.3 Aufbau der Betriebsbeschleuniger

Für die Betriebsbeschleuniger gilt:

- Jeder Betriebsbeschleuniger hat eine zeitliche Länge von 20 ms.
- Sind Komponenten nicht schnell genug, um sie innerhalb der Zykluslänge von 20 ms rechtzeitig vor Beginn des Strahlpulses auf ihren Sollwert zu setzen, gilt:
 - Es sind hinreichend lange vor der Ausführung des Betriebsbeschleunigers Vorbereitungs-Events zu versenden, mit denen die langsamen Komponenten eingestellt werden.
 - Der vorbereitete Betriebsbeschleuniger darf erst nach einer Wartezeit ablaufen.
 - Diese Wartezeit kann mehrere 50 Hz-Takte betragen wie im Timing-Abschnitt **TK** oder auch entfallen, d. h. die Verschickung der Vorbereitungs-Events und die Ausführung des Betriebsbeschleunigers erfolgen in aufeinanderfolgenden Unilac-Zyklen.
 - Zwischen Verschickung des oder der Vorbereitungs-Events und dem Ablaufen des vorbereiteten Betriebsbeschleunigers darf kein anderer Betriebsbeschleuniger ablaufen.
- Alle Betriebsbeschleuniger enthalten dieselben globalen Events in einer fest vorgegebenen Reihenfolge (identische Event-Sequenzen). Lediglich die Abstände der globalen Events (also die Event-Folge) können von Betriebsbeschleuniger zu Betriebsbeschleuniger variieren (siehe Abschnitt 5).

- Für jeden Betriebsbeschleuniger ist die Event-Folge aller globalen Events in allen Timing-Abschnitten, die diesem Betriebsbeschleuniger zugeordnet sind, identisch, und zwar sowohl der Eventcode also auch die Abstände zwischen den Events.

Das heisst: Alle einem Betriebsbeschleuniger zugeordneten Zykluspulszentralen erzeugen für diesen Betriebsbeschleuniger *identische* Folgen *globaler* Events.

- Für den intern benutzten virtuellen Beschleuniger Nr. 15 gilt:
 - Der virtuelle Beschleuniger Nr. 15 kann für unterschiedliche Timing-Abschnitte unterschiedliche Event-Folgen enthalten.
 - Für den virtuellen Beschleuniger Nr. 15 gibt es aber keine Umtastung. Das bedeutet: Für jeden einzelnen Timing-Abschnitt läuft der interne Beschleuniger Nr. 15 immer identisch ab, wobei die jeweilige Event-Folge entweder fest ist oder nur abhängig ist von globalen Parametern (wie der Quelleneinstellung).
- Die Betriebsbeschleuniger umfassen nicht die Quellen-Abschnitte, d. h. wenn ein Betriebsbeschleuniger abläuft, werden dessen Events nicht in dem zugeordneten Quellen-Abschnitt verschickt.

Dabei muss natürlich das Timing der Betriebsbeschleuniger mit dem Quellen-Timing synchronisiert sein, damit der Strahlpuls korrekt übergeben werden kann.

- Nicht in jedem Unilac-Zyklus läuft in jedem Beschleunigungs-Abschnitt ein Betriebsbeschleuniger oder der interne virtuelle Beschleuniger Nr. 15 ab.

Läuft sonst kein virtueller Beschleuniger ab, werden Leerzyklen eingefügt, die nur das Kommando-Event (Event-Code: 255) sowie eventuell noch Vorbereitungsereignisse enthalten.

4.4 Erhaltung der Abfolge der Betriebsbeschleuniger

Der Unilac, oder genauer die Beschleunigungsstrukturen des Unilac, reagieren empfindlich auf Änderungen der Betriebstemperatur. Änderungen der Temperatur führen zu Änderungen der Feldverteilungen in den Beschleunigungsstrukturen, und die geänderten Feldverteilungen führen zu Energieänderungen. Diese Energieänderungen sind zwar klein, aber leider doch so groß, dass sie für den Beschleunigerbetrieb nicht toleriert werden können.

Die Temperatur der Beschleunigungsstrukturen stellt sich ein in Abhängigkeit von Amplitude und Folgefrequenz der einzelnen HF-Pulse.

Um die Temperatur der Beschleunigungsstrukturen weitgehend konstant zu halten, muss die mittlere eingespeiste HF-Leistung konstant gehalten werden. Leider gibt es (noch?) keine Verfahren, dieses bei wechselnden Folgefrequenzen *automatisch* sicherzustellen.

Daher bleibt als einziger Ausweg, die Pulsung der Beschleunigerstrukturen unverändert zu lassen. Daher gilt:

- Die Pulszentrale ändert eine einmal eingestellte Abfolge von Betriebsbeschleunigern nicht automatisch ab.
- Das gilt auch im Zusammenhang mit dem Unilac-Interlocksystem. Wenn in einem Beschleuniger-Bereich ein Anlagen-Interlock auftritt, so dass kein Strahl durch diesen Bereich gehen kann, laufen die entsprechenden Betriebsbeschleuniger unverändert weiter. Das Unilac-Interlocksystem sorgt lediglich dafür, dass in diesen Betriebsbeschleunigern kein Strahl erzeugt wird (durch Aktivierung eines Choppers nahe der jeweiligen Ionen-Quelle).
- Die einzige Möglichkeit, die Abfolge von Betriebsbeschleunigern ohne Neueinstellung der Pulszentrale zu ändern, ist die Anforderung von Betriebsbeschleunigern (Abschnitt 6.3).

Diese online-Eingriffe sind aber nur tolerabel, wenn die dadurch hervorgerufenen Änderungen der Abfolge der Betriebsbeschleuniger nur „gering“ sind. Das ist der Fall, wenn nur selten (wie vom SIS) angefordert wird.

- Die Pulszentrale überwacht *nicht* die Häufigkeit von Strahlanforderungen. Es ist Sache der Anforderer, Änderungen in Pulsfolgefrequenz sowie der Länge der Quellen- und Strahlpulse zu minimieren.

4.5 Magneteinstellungen in Unilac-Zyklen ohne Strahl

- Läuft in einem Timing-Abschnitt in einem Unilac-Zyklus *kein* Betriebsbeschleuniger ab, werden die gepulsten Magnete in diesem Unilac-Zyklus auf einen Pause-Sollwert gesetzt (der sinnvollerweise für alle Magnete als 0 A definiert sein sollte).
- Das Anfahren des Pause-Sollwertes wird nur in den Timing-Abschnitten *ausserhalb* des Timing-Abschnittes **TK** durchgeführt.
Im Timing-Abschnitt **TK** gilt dieser Pause-Sollwert nur, wenn es in diesem Timing-Abschnitt keinen Betriebsbeschleuniger gibt, der getaktet betrieben wird (siehe Abschnitt 7.1).
- Da neben dem Timing-Abschnitt **TK** nur der Timing-Abschnitt **AT** pulsare Magnete enthält, ist das Anfahren des Pause-Sollwertes derzeit nur im Timing-Abschnitt **AT** erforderlich.
- Das automatische Anfahren des Pause-Sollwertes ist abschaltbar.

5 Quellen-Abschnitte

5.1 Begriffsbestimmung

Um Missverständnisse zu vermeiden, ist statt eines allgemeinen Begriffs „Quelle“ klar zu unterscheiden zwischen:

- Ionen-Quelle: Das „Gerät“ Ionenquelle, also die physikalischen Komponenten zur Erzeugung von ionisierten Atomen. Eine Ionen-Quelle besteht in der Regel aus mehreren Einzelgeräten.
- Quellen-Abschnitt: Timing-Abschnitt, der eine Ionen-Quelle enthält (also **UL**, **UR** und **UN**). Von diesen Timing-Abschnitten (und nur von diesen) kann ein beschleunigter Strahl ausgehen.
- Strahl-Quelle: Beschleuniger-Bereich, der Ausgangspunkt eines Ionen-Strahles ist.
- Quellen-Timing: Timing (Event-Folgen, also Sequenzen der Events mit definierten Abständen) in einem Quellen-Abschnitt.

5.2 Aufbau des Quellen-Timings

Für den Aufbau des Timings in den Quellen-Abschnitten gilt, daß die Ionen-Quellen zwar *pulsbar* sein können, aber nicht *umtastbar*.

Das bedeutet: Die Ionen-Quellen können zwar einzelne Pulse erzeugen. Es ist aber nicht möglich, die Quellenpulse (Länge und Zündzeitpunkt) von einem Unilac-Zyklus zum nächsten zu ändern. Alle Triggersignale, die zur Erzeugung eines Ionen-Pulses erforderlich sind, werden also in den Quellen-Abschnitten streng periodisch identisch ausgeführt. Es werden lediglich unterschiedliche Timing-Informationen für die drei Fälle „Ionen-Puls wird erzeugt“, „Hilfspuls zur Quellenstabilisierung wird erzeugt“ (ohne dass ein Ionenpuls erzeugt wird) und „Quelle erhält keine Trigger“ (es werden nur Events verschickt, die die anderen Komponenten benötigen) erzeugt.

Die Pulsung der Ionen-Quellen muss natürlich in das Beschleuniger-Timing eingebunden sein. Ferner muss auch ein reiner DC-Betrieb möglich sein. Für den Zusammenhang zwischen Timing in den Quellen-Abschnitten und dem Timing im Rest der Anlagen gilt:

- Es wird zwischen Quellen-Abschnitten (Timing-Abschnitt, der eine Ionen-Quelle enthält) und Beschleunigungs-Abschnitten (Timing-Abschnitt, in dem ein aus einem Quellen-Abschnitt angelieferter Ionen-Puls weitertransportiert und beschleunigt wird) unterschieden.
- Das Timing der Quellen-Abschnitte und das Timing der Beschleunigungs-Abschnitte wird unterschiedlich gehandhabt.

Es ist dabei sicherzustellen, dass für die Übergabe eines Ionen-Pulses aus einem Quellen-Abschnitt an den im Strahlweg folgenden Beschleunigungs-Abschnitt das Timing so synchronisiert ist, dass der Ionen-Puls korrekt übergeben wird.

- Mehrere Betriebsbeschleuniger können dieselbe Strahl-Quelle zugeordnet haben und damit dieselbe Ionen-Quelle benutzen, also Strahlpulse beschleunigen, die aus derselben Ionen-Quelle stammen.
- Alle Zeitinformationen, die für die Erzeugung eines Ionen-Pulses erforderlich sind, sind (für jede Ionen-Quelle getrennte) *Master*-Eigenschaften. Sie sind damit gegebenenfalls einstellbar, können also verändert werden, sind aber nicht von Puls zu Puls umtastbar.

Bei einer Einstellung gelten sie also für alle Ionen-Pulse aus einer Ionen-Quelle, unabhängig davon, in welchem Betriebsbeschleuniger der Strahlpuls dann weiterbeschleunigt wird.

- Damit der Ionen-Puls synchronisiert von einem Quellen-Abschnitt an den folgenden Beschleunigungs-Abschnitt übergeben werden kann, sind die Zeitinformationen in den Timing-Abschnitten nicht unabhängig:

Die den Strahlpuls betreffenden Zeitinformationen (Beginn und zeitliche Länge des Strahlpulses) sind für alle aus einer Ionen-Quelle belieferten Betriebsbeschleuniger abhängig vom im Quellen-Abschnitt eingestellten Timing (Beginn und zeitliche Länge des Quellenpulses), da der Strahlpuls immer innerhalb des Quellenpulses liegen muss. Näheres siehe Abschnitt 8.

Für das eigentliche Quellen-Timing gilt:

- Alle Einstellwerte für das Timing in einem Quellen-Abschnitt sind Master-Werte. Für jeden Quellen-Abschnitt gibt es also jeweils nur eine Einstellung, es können nur gleichartige Ionen-Pulse erzeugt werden.
- Obwohl alle Einstellungen nicht umtastbar sind, werden die Quellen-Abschnitte gepulst betrieben. Das bedeutet, dass auch in den Quellen-Abschnitten die verschickten Timing-Informationen in Zyklen zusammengefasst werden².

- Die zeitliche Länge der Zyklen in den Quellen-Abschnitten ist abhängig von der jeweiligen Einstellung des Quellen-Timings.

Die zeitliche Länge der Quellen-Zyklen kann Vielfache eines Unilac-Zyklus betragen, also 20 ms, 40 ms, 60 ms, . . .

- Die zeitliche Länge eines Quellen-Zyklus wird so gewählt, dass alle zur Erzeugung eines Quellenpulses erforderlichen Aktionen innerhalb eines Quellen-Zyklus ausgeführt werden können.

²Nicht alle Ionen-Quellen werden diese Zeitinformationen auch aus – reine DC-Quellen benötigen keine Triggerpulse.

Dadurch können Triggersignale für die Ionen-Quelle beliebig lange vor Beginn eines Quellenpulses (Beginn der Erzeugung des Ionen-Strahles) erzeugt werden³. Längere Quellen-Zyklen als der im Unilac übliche 20 ms Takt könnten z. B. einmal im Afterglow-Modus der EZR-Quelle erforderlich werden oder bei Penning-Quellen mit einem Gashilfspuls.

- Die maximal mögliche zeitliche Länge eines Quellenpulses ist von der aktuell eingestellten Quellen-Taktrate (siehe Abschnitt 5.3) abhängig.

Die zeitliche Länge eines Quellenpulses kann nur so gross gewählt werden, dass zwei Quellenpulse direkt aufeinander folgen. Eine weitere Vergrößerung würde die Quellenpulse überlappen lassen, da die Quellen-Taktrate vorgegeben ist. Bei einer Quellentaktrate von 25 Hz (Untersetzung 2, siehe Abschnitt 5.3) beträgt die maximal mögliche Länge eines Quellenpulses also 40 ms.

- In den Quellen-Abschnitten wird unterschieden zwischen Zyklen mit Strahl (in diesen Zyklen wird ein Ionen-Puls erzeugt) und Zyklen ohne Strahl (in diesen Zyklen werden Hilfsaktionen ausgeführt, aber keine Ionen-Pulse erzeugt).

- Die Zyklen mit Strahl laufen jeweils identisch ab (abhängig von der Einstellung des Quellen-Abschnittes).

- Zyklen ohne Strahl werden mit der virtuellen Beschleuniger-Nummer 15 ausgeführt.

Sie können auf verschiedene Weise ausgeführt werden und enthalten dann jeweils die erforderlichen Events. Die wichtigsten Zyklen ohne Strahl sind die in Abschnitt 10 näher beschriebenen Stabilisierungszyklen.

- Da die verschiedenen Typen von Ionen-Quellen unterschiedliche Anforderungen an das Timing haben, kann für jeden Quellen-Abschnitt jeweils ein Quellentyp festgelegt werden.

In Abhängigkeit vom eingestellten Typ der Ionen-Quelle werden unterschiedliche Folgen von lokalen Events verschickt. Das heißt, sowohl die verwendeten Event-Codes als auch die Lage der Events in einem Unilac-Zyklus sind abhängig vom Typ der Ionen-Quelle. Die genaue Position der lokalen Events in jedem Unilac-Zyklus wird über die Quelleneinstellung festgelegt.

- Es werden derzeit unterstützt die folgenden Typen:

- PENNING
- PENNING mit Bogen-Stabilisierungszyklen
- PENNING mit Gasvorlauf
- CHORDIS bzw. MUCIS
- MEVVA
- EZR DC,
- EZR gepulst (Afterglow-Modus).

- Je nach Einbauort sind nur bestimmte Typen von Ionen-Quellen möglich, und zwar:

UR: PENNING (alle drei Typen)

UL: CHORDIS, MUCIS, MEVVA

UQ: EZR (DC und gepulst)

An den Quellen-Zyklen können folgende Parameter eingestellt werden:

³Der Vorlauf etwaiger Triggersignale vor dem eigentlichen Quellenpuls ist also nicht auf 15 ms begrenzt, wie es ein strenges 20 ms-Raster erfordern würde.

- *Quellenpulslänge*: Die Länge des von der Quelle erzeugten und für die Beschleunigung nutzbaren Ionenstrahles.
- *Quellenvorlauf*: Gegebenenfalls kann die Quelle erst eine Zeit nach dem ersten Trigger einen stabilen Strahl liefern. Über diesen Parameter ist einzustellen, welchen Vorlauf die Ionen-Quelle benötigt, bis der Ionen-Strahl stabil steht.
- Sollten für einige der möglichen Typen von Ionen-Quellen zum Betrieb der Ionen-Quellen weitere Trigger erforderlich sein, sind entsprechende zusätzliche Events vorzusehen, deren zeitliche Position gegebenenfalls einstellbar sein muss.

5.3 Wiederholrate (Pulsrate)

Die Ionen-Quellen sind – in Hinblick auf die Ausführbarkeit eines Betriebsbeschleunigers– der *Master* der Betriebsbeschleuniger im Unilac. Nur wenn die Ionen-Quelle zündet, kann überhaupt Strahl produziert werden. Daher geben die Quellen-Abschnitte den Takt vor, mit dem die Betriebsbeschleuniger ausgeführt werden.

Die Ionen-Quellen sollen aber nicht immer in jedem Unilac-Zyklus wirklich zünden. Daher kann die Taktrate der Ionen-Quellen bzgl. des 50 Hz-Grundtaktes untersetzt werden. Aus Gründen der thermischen Stabilität ist es dabei für die meisten Typen von Ionen-Quellen erforderlich, dass sie ganz regelmäßig laufen.

- Die Quellen-Abschnitte werden mit einer streng mit ihrer eingestellten Taktrate betrieben. Bei den meisten Typen von Ionen-Quellen bedeutet das, dass sie regelmäßig zünden und Strahl extrahiert wird. Einzige Ausnahmen sind derzeit die Quellen-Typen MEVVA und CHORDIS.
- Die Quellen-Taktrate kann für jeden Quellen-Abschnitt getrennt eingestellt werden.
- Die Quellen-Taktrate ist über die Untersetzung des Grundtaktes des Unilac (20 ms-Zyklen) realisiert. D. h., es ist die Nummer des Unilac-Zyklus anzugeben, in dem die Ionen-Quelle wieder Strahl liefern soll, nachdem sie einen Quellenpuls erzeugt hat.

Etwas genauer: Es ist anzugeben, im jeweils wievielten Unilac-Zyklus der Quellen-Abschnitt jeweils *ausführbereit* ist. Nur, wenn der Quellen-Abschnitt ausführbereit ist, wird Strahl produziert bzw. kann Strahl produziert werden.

Eine Untersetzung von 1 gibt an, dass die Quelle in jedem Unilac-Zyklus ausführbereit ist, also mit 50 Hz läuft. Entsprechend bedeutet eine Untersetzung von 2, dass sie mit 25 Hz läuft.

- Wenn die Länge des Quellen-Zyklus mehr als einen Unilac-Takt beträgt (also 40 ms, 60 ms, ...), kann die Untersetzung des Quellentaktes minimal so gewählt werden, dass die Quellenpulse unmittelbar aufeinanderfolgend ausgeführt werden (also ohne 20 ms Leerzyklen dazwischen).

Bei einer Länge des Quellenzyklus von 40 ms beträgt die kleinste mögliche Untersetzung also 2 (25 Hz).

- Wenn ein Quellen-Abschnitt ausführbereit ist, wird, in Abhängigkeit vom Typ der Ionen-Quelle, entweder jedesmal die Quelle mit Strahl gezündet, oder nur dann, wenn der Strahl auch zum Weiterbeschleunigen abgenommen wird (derzeit nur für den Quellen-Typ MEVVA).

Die meisten Typen von Ionen-Quellen (derzeit alle bis auf den Quellen-Typ MEVVA) werden also streng periodisch mit Strahl gezündet, auch wenn der Strahl nicht zum Weitertransport abgenommen wird.

- Die Länge der Quellen-Zyklen ist auf 20 ms begrenzt bei Ionen-Quellen, die nur dann zünden, wenn der Strahl zum Weiterbeschleunigen abgenommen wird (wie der MEVVA-Quelle).
Diese Begrenzung ist erforderlich, da bei längeren Quellen-Zyklen sonst schon bei Beginn des Quellen-Zyklus ermittelt werden müsste, ob der Ionen-Strahl am Ende des Quellen-Zyklus weiterbeschleunigt werden wird – dieser Blick in die Zukunft wäre nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich.
- Zwischen den Quellen-Zyklen, in denen Quellen-Abschnitte ausführbar sind, können weitere Stabilisierungs-Zyklen eingefügt werden. Näheres siehe Abschnitt 10.

6 Superzyklus

Mit Superzyklus wird auch bei der Unilac-Pulszentrale die Abfolge der virtuellen Beschleuniger bezeichnet. Diese Abfolge der virtuellen Beschleuniger ist nicht fest vorgegeben, sondern sie wird ständig online neu bestimmt. Nach den Mechanismen, wie diese Bestimmung vorgenommen wird, ergibt sich aber trotzdem eine regelmäßige Sequenz von ausgeführten virtuellen Beschleunigern. Das ist durchaus beabsichtigt, denn die Anlage verlangt diese regelmäßige Abfolge. Einzige Ausnahmen sind die Anforderung von Betriebsbeschleunigern sowie der Therapie-Betrieb.

6.1 Betriebsbeschleunigerspezifische Ausführungshäufigkeit

6.1.1 Grundtakt der Ausführung: Quellentakt

Die Abfolge der Betriebsbeschleuniger wird zunächst einmal durch die Rate festgelegt, mit der die jeweils zugeordneten Quellen-Abschnitte laufen:

- In einem Unilac-Zyklus können nur diejenigen Betriebsbeschleuniger ausgeführt werden, deren zugeordnete Quellenabschnitte ausführbar sind.

Somit liegt der Ausführungsrate eines Betriebsbeschleunigers *immer* die Taktrate der Quellen-Abschnitte zugrunde (die aber durchaus auf 50 Hz eingestellt sein kann).

Gegenüber der zugrundeliegenden Taktrate der Quellen-Abschnitte kann die Ausführungsrate der Betriebsbeschleuniger weiter untersetzt werden. Dabei werden Strahlen in den Transferkanal (die in erster Linie zur Belieferung des SIS dienen) anders behandelt als die übrigen Strahlen.

6.1.2 Ausführungshäufigkeit: Strahlen ausserhalb des Transferkanals

Für alle Strahlen, die nicht bis in den Transferkanal gehen, kann die Ausführungshäufigkeit der Betriebsbeschleuniger gegenüber der zugrundeliegenden Taktrate der Quellen-Abschnitte weiter untersetzt werden. Diese Untersetzung kann an der Pulszentrale eingestellt werden. Es besteht weiter die Möglichkeit, jeden Betriebsbeschleuniger nur dann auszuführen, wenn er von einem Abnehmer angefordert wird.

- Die folgenden Punkte gelten nur für Betriebsbeschleuniger, denen der Timing-Abschnitt **TK** nicht zugeordnet ist (also mit einem anderen Strahl-Ziel als **TKU**, **TKG** oder **TKD**).
- Gegenüber der Taktrate der zugeordneten Quellenabschnitte kann die Ausführungsrate der Betriebsbeschleuniger weiter verringert werden.

Dazu kann für jeden Betriebsbeschleuniger eine Untersetzung eingestellt werden.

Eine Untersetzung von m bedeutet dabei, daß der Betriebsbeschleuniger nur in jedem m -ten Quellen-Zyklus, des zugeordneten Quellen-Abschnitts, ausführbar ist. Eine Untersetzung von 1 bewirkt also, dass der Betriebsbeschleuniger bei jedem Quellenpuls ausführbar ist, eine Untersetzung von 2 bedeutet, er ist bei jedem 2. Quellenpuls ausführbar.

- Gemäß den eingestellten Untersetzungen von Betriebsbeschleuniger und zugeordneter Ionen-Quelle wird der Betriebsbeschleuniger zunächst nur „ausführbereit“ gesetzt. Tatsächlich ausgeführt wird er aber nur, wenn er nach Lösung aller Konflikte auch ausgeführt werden kann (siehe Abschnitt 6.4).

Insofern geben die eingestellten Untersetzungen nur die angestrebten Obergrenzen für die Ausführungshäufigkeit vor, die tatsächliche Ausführungshäufigkeit ist in der Regel geringer.

- Zusätzlich kann jeder Betriebsbeschleuniger zwischen den beiden Ausführungsarten *getaktet* und *anforderbar* umgeschaltet werden:
- In der Ausführungsart *getaktet* läuft er (soweit möglich, siehe Abschnitt 6.4), jedesmal dann ab, wenn er auch ausführbereit ist. Das bedeutet, er läuft weitgehend periodisch ab.
- In der Ausführungsart „anforderbar“ dagegen läuft er nur ab, wenn er ausführbereit ist und *zusätzlich* von einem Abnehmer angefordert wird.
- Die Ausführung eines Betriebsbeschleunigers in der Ausführungsart „anforderbar“ wird über Eingänge für externe Signale ausgelöst. Diese Eingänge werden als Anfordereingänge bezeichnet.
- Es werden drei Anfordereingänge vorgesehen. Damit ist es möglich, unabhängig voneinander Betriebsbeschleuniger für die X-, Y- und Z-Strahlzweige der Experimentierhalle anzufordern.

6.1.3 Ausführungshäufigkeit: Strahlen im Transferkanal

Der Transferkanal ist in erster Linie vorgesehen zur Injektion von Strahlen aus dem Unilac in das SIS. Die Lieferung von Strahl in den Transferkanal macht daher (meistens) nur Sinn, wenn der Strahl auch in das SIS geht. Das ist aber nur für einzelne Unilac-Takte möglich, die ausserdem noch zeitlich mit dem SIS-Zyklus synchronisiert werden müssen.

Daher gilt im Transferkanal das Grundprinzip: Es werden nur Strahlen in den Transferkanal geliefert, die explizit vom SIS angefordert wurden. Da die Betriebsbeschleuniger, die in das SIS gehen, aber nur recht selten und möglicherweise unregelmässig ausgeführt werden, können an und mit diesen Strahlen nur sehr schwer Untersuchungen durchgeführt werden. Deshalb besteht die Möglichkeit, einen der in den Transferkanal gehenden Betriebsbeschleuniger zusätzlich auch periodisch ausführen zu lassen.

- Die folgenden Punkte gelten nur für Betriebsbeschleuniger, denen der Timing-Abschnitt **TK** zugeordnet ist (also mit dem Strahl-Ziel **TKU**, **TKG** oder **TKD**).
- Alle Betriebsbeschleuniger mit dem Strahl-Ziel **TK** oder **TKG** werden immer dann ausgeführt, wenn sie vom SIS angefordert werden.
- Vom SIS angeforderte Betriebsbeschleuniger werden möglichst schnell ausgeführt. Es gibt insbesondere keine Untersetzung gegenüber der Quellentaktrate.
Aber auch hier gilt: Sie werden erst dann ausgeführt, wenn die zugeordnete Ionen-Quelle ausführbereit ist. Soll also möglichst schnell auf die Anforderung reagiert werden, darf auch die Quellen-Taktrate nicht untersetzt sein.
- Jede Ausführung muss vom SIS einzeln angefordert werden. Einzelheiten des Verfahrens der Anforderung sind beschrieben in Abschnitt 7.1.
- Auch für Betriebsbeschleuniger mit dem Strahl-Ziel **TKU**, **TKG** oder **TKD** gibt es die Unterscheidung der Ausführungsarten *getaktet* und *anforderbar*.
- In der Ausführungsart *anforderbar* wird der Betriebsbeschleuniger nur dann ausgeführt, wenn er vom SIS angefordert wird. Das ist die „normale“ Einstellung.

- In der Ausführungsart *getaktet* wird der Betriebsbeschleuniger periodisch ausgeführt und *zusätzlich* auch dann, wenn er vom SIS angefordert wird.
- Für diese zusätzliche periodische Ausführung gelten die gleichen Regeln für die Untersetzung wie bei Betriebsbeschleunigern, die ein anderes Strahlziel als **TKU**, **TKG** und **TKD** haben (siehe Abschnitt 6.1.2).
- Nur jeweils einer der Betriebsbeschleuniger mit dem Strahl-Ziehl **TKU**, **TKG** oder **TKD** kann auf die Ausführungsart „anforderbar“ gesetzt werden.
- Die Ausführungsrate des Betriebsbeschleunigers in der Ausführungsart „getaktet“ ist begrenzt (vorgesehen sind maximal 5 Hz, d. h. höchstens jeden 10. Unilac-Zyklus). Höhere Raten können *nicht* eingestellt werden.

Weitere Besonderheiten des Timing-Abschnittes **TK** sind beschrieben in Abschnitt 7.1. Insbesondere wird dort auf den Anfordermechanismus eingegangen.

6.2 Vorbereitungszeiten

Als Besonderheit ist zu beachten, daß in einigen Timing-Abschnitten oftmals (aber nicht immer!) Vorbereitungszeiten einzuhalten sind. Das betrifft derzeit nur den Timing-Abschnitt **TK** (Magnete nur langsam pulsbar). Dazu wird zunächst der Timing-Abschnitt in einem Unilac-Zyklus vorbereitet (die langsamen Magnete auf ihre Sollwerte gesetzt) und nach einer Wartezeit, in der *kein* Betriebsbeschleuniger ablaufen darf, der vorbereitete Betriebsbeschleuniger ausgeführt. Die Wartezeit beträgt bis zu 10 Unilac-Zyklen (**TK**, etwa 200 ms zwischen Sollwertsetzen für die Magnete und Ausführung des Betriebsbeschleunigers).

Der Mechanismus zur Vorbereitung einzelner Timing-Abschnitte ist an anderer Stelle näher beschrieben (siehe Abschnitt 7). An dieser Stelle ist nur wichtig, daß ein Betriebsbeschleuniger gegebenenfalls erst dann ausgeführt wird, wenn seine Vorbereitung erfolgt ist (inklusive Wartezeit). Wenn die langsamen Magnete noch auf dem gewünschten Wert stehen, entfallen Vorbereitung und Wartezeit.

6.3 Anforderung von Betriebsbeschleunigern

Sowohl für die Experimentierhalle als auch für den Transferkanal können Strahlpulse angefordert werden. Dabei werden aber unterschiedliche Mechanismen verwendet.

- Es gibt drei Eingänge für *einfache* Strahlanforderungen. Diese Eingänge erlauben getrennte Anforderungen von Strahlen für die drei Experimentierzweige X, Y und Z.
- Für den Timing-Abschnitt **TK** gibt es *eine weitere* Anfordermöglichkeit. Da hier ein relativ komplexes Verfahren erforderlich ist, wird diese Möglichkeit der Strahlanforderung an anderer Stelle beschrieben (siehe Abschnitt 7.1).
- Bei der Anforderung für den Timing-Abschnitt **TK** ist es möglich, über den Anforderungseingang die Markierung des angeforderten Betriebsbeschleunigers auszulösen (siehe Abschnitt 14).
- Es gibt keine feste Zuordnung von Anforder-Eingängen zu Betriebsbeschleunigern. Jedem der Eingänge für einfache Strahlanforderung kann je einer der Betriebsbeschleuniger zugeordnet werden.

Ein Anforderungssignal an einem Anforderungs-Eingang fordert den jeweils zugeordneten Betriebsbeschleuniger an.

- Jeder Betriebsbeschleuniger kann *höchstens* einem Anforderungs-Eingang zugeordnet sein.

- Es gibt keine Möglichkeit, über *einen* Anforderungseingang dynamisch wechselnd *mehrere* Betriebsbeschleuniger anzufordern.
- Jeder Anforderungseingang wird einmal pro Unilac-Zyklus eingelesen. Der jedem Eingang für einfache Anforderung zugeordnete Betriebsbeschleuniger gilt als angefordert, wenn am Eingang ein *High*-Pegel anliegt. Solange dieser Pegel anliegt wird der Betriebsbeschleuniger entsprechend seiner Untersetzung ausgeführt.

Bei den hier beschriebenen Anforder-Eingängen ist kein Flankenwechsel erforderlich, im Gegensatz zum Anfordermechanismus für Strahlen in den Timing-Abschnitt **TK** (siehe 7.1).

6.4 Prioritätssteuerung der Ausführung von Betriebsbeschleunigern

Nach den bisher beschriebenen Mechanismen zur Untersetzung der Taktraten von Ionen-Quellen und Betriebsbeschleunigern sowie der Anforderung von Betriebsbeschleunigern wird in jedem Unilac-Zyklus bestimmt, welche Betriebsbeschleuniger als nächste ausführbar sind. Das bedeutet aber noch nicht, dass sie auch wirklich ausgeführt werden: Es kann vorkommen, dass mehrere Betriebsbeschleuniger, denen ein Timing-Abschnitt gemeinsam zugeordnet ist, gleichzeitig ausführbar sind. Dann kann nur einer wirklich ausgeführt werden.

Die Entscheidung, welche der ausführbaren Betriebsbeschleuniger wirklich ausgeführt werden, wird anhand einer Prioritätsregelung getroffen. In der Reihenfolge von der höchsten zur niedrigsten sind die Prioritäten:

1. Betriebsbeschleuniger, die für den Timing-Abschnitt **TK** angefordert werden (für den **TK** wird sinnvollerweise nur vom SIS angefordert, das heißt, dass vom SIS angeforderte Strahlen mit höherer Priorität behandelt werden als andere).
2. Betriebsbeschleuniger, die zu einem Experimentierplatz führen **UU**, **US3**, **UXx**, **UYy**, **UZz**, **UMm**, **TKU**, **TKG** oder **TKD** (periodisch).
3. Betriebsbeschleuniger, denen die Timing-Abschnitte **UN** oder **UH** zugeordnet sind (die also lokal im HLI-Abschnitt oder im Hochstrominjektor laufen, also den Alvarez nicht benötigten).
4. Sonstige Betriebsbeschleuniger. Das können nur solche sein, die lokal in den Quellen-Abschnitten **UL**, **UR** oder **UQ** laufen.
5. Interne Konditionierungszyklen, wie Einfügen von HF-„Konditionierungs“-Pulsen.
6. Interne Stabilisierungszyklen, wie Einfügen von „Warmhalte“-Pulsen (HF oder Quellen).

Mit diesen Prioritätsstufen werden Konflikte bei der Ausführung von Betriebsbeschleunigern gelöst:

- Ein Betriebsbeschleuniger wird nur dann ausgeführt, wenn keiner der Timing-Bereiche, die ihm zugeordnet sind, durch einen Betriebsbeschleuniger mit höherer Priorität belegt ist.
- Stehen zwei Betriebsbeschleuniger derselben Prioritätsstufe zur Ausführung an, wird derjenige ausgeführt, der die längste Anzahl von Unilac-Zyklen nicht ausgeführt wurde (dessen letzte Ausführung zeitlich am längsten zurück liegt).

7 Vorbereitung eines Betriebsbeschleunigers

In einigen Timing-Abschnitten sind Komponenten eingebaut, die nicht innerhalb eines Unilac-Zyklus umtastbar sind. Das betrifft derzeit nur den Timing-Abschnitt **TK** (Transferkanal, langsam pulsable Magnete).

7.1 Abschnitt TK (Transferkanal)

Die Magnete im Transferkanal sind nicht schnell genug, um im 50 Hz-Takt auf verschiedene Sollwerte gesetzt werden zu können. Daher gibt es Einschränkungen für den Timing-Abschnitt **TK**:

- Jeder Wechsel eines Betriebsbeschleunigers im Timing-Abschnitt **TK** benötigt eine Vorbereitungszeit von etwa 200 ms (10 Unilac-Zyklen).
- Beliebige Kombinationen von Betriebsbeschleunigern können durch den Timing-Abschnitt **TK** gehen (also das Strahl-Ziel **TKU**, **TKG** oder **TKD** zugeordnet haben).
- Alle Betriebsbeschleuniger mit dem Strahl-Ziel **TKU** oder **TKG** können immer vom SIS angefordert werden.
- Es kann im Timing-Abschnitt **TK** höchstens *ein* Beschleuniger getaktet betrieben werden („Zwischenpulse“).
- Zur Ausführung von anforderbaren Betriebsbeschleunigern müssen diese im Timing-Abschnitt **TK** zweistufig angefordert werden:
 1. Anforderung der *Vorbereitung*. Hiermit werden die langsamen Komponenten des Timing-Abschnittes **TK** auf ihre Sollwerte gesetzt.
 2. Anforderung der *Ausführung*. Erst nach dieser Anforderung wird der Betriebsbeschleuniger wirklich ausgeführt.

Für die Anforderung sind somit *zwei* getrennte Anforderungseingänge erforderlich.

- Nach Abschluss einer Anfordersequenz (d. h. nach Freigabe der Anforderung der Vorbereitung) werden die Magnete im Timing-Abschnitt **TK** auf definierte Sollwerte gesetzt:
 - Wenn es im Timing-Abschnitt **TK** einen Betriebsbeschleuniger gibt, der getaktet betrieben wird, werden die Magnete auf die Sollwerte für diesen getaktet betriebenen Betriebsbeschleuniger gesetzt⁴.
 - Wenn es im Timing-Abschnitt **TK** keinen Betriebsbeschleuniger gibt, der getaktet betrieben wird, werden die Magnete auf einen Pause-Sollwert gesetzt (der sinnvollerweise für alle Magnete als 0 A definiert ist).

In beiden Fällen wird ein automatischer Vorbereitungs-Zyklus (der hier ein Nachbereitungs-Zyklus ist) ausgeführt.

Für den Anforderungsmechanismus gilt:

- Es gibt *zwei* Anforderungs-Eingänge für die Anforderung:
 - Die Vorbereitungsanforderung bereitet die Ausführung eines Betriebsbeschleunigers vor und gibt (nach einer Wartezeit) gleichzeitig auch die Ausführungsanforderung frei.
 - Die Ausführungsanforderung fordert *einmalig* die Ausführung eines Betriebsbeschleunigers an.

⁴Der Wert ist eindeutig, denn es kann in diesem Timing-Abschnitt höchstens einen Betriebsbeschleuniger geben, der getaktet betrieben wird.

- Beide Anforderungseingänge werden je einmal in jedem Unilac-Zyklus ausgewertet.
- Bei der Vorbereitungsanforderung ist die Angabe der Nummer desjenigen Betriebsbeschleunigers erforderlich, für den der Transferkanal vorbereitet wird.
- Damit ein angeforderter Betriebsbeschleuniger ausgeführt werden kann, muss zuvor (mindestens) einmal die Vorbereitung dieses Betriebsbeschleunigers angefordert werden.
Die Vorbereitungsanforderung wird durch einen Flankenwechsel erkannt. Sie gilt als angelegt, wenn ein Übergang von „kein Pegel“ nach „Pegel“ festgestellt wurde, sobald also in einem Unilac-Zyklus „Pegel“ ausgelesen wird, wenn im vorigen Unilac-Zyklus „kein Pegel“ gelesen wurde.
- Das Signal am Eingang der Vorbereitungsanforderung muss anstehen, bis die Lieferung des Strahles abgeschlossen ist.
- Die Ausführungsanforderung wird erst nach Ablauf einer Wartezeit (derzeit: 9 Unilac-Zyklen, also etwa 180 ms) nach Beginn einer Vorbereitungsanforderung ausgewertet.
- Solange die Vorbereitungsanforderung ansteht, wird der gegebenenfalls getaktet betriebene Betriebsbeschleuniger *nicht* ausgeführt.
Damit eine „vergessene“ Vorbereitungsanforderung den getaktet betriebenen Betriebsbeschleuniger nicht beliebig lange unterbrechen kann, wird eine Timeout-Zeit verwaltet (siehe folgende Punkte).
- Nach Ablauf der Wartezeit nach Anlegen der Vorbereitungsanforderung bewirkt jeder Flankenwechsel der Ausführungsanforderung von „kein Pegel“ nach „Pegel“ (mit der richtigen Nummer des virtuellen Beschleunigers, siehe den übernächsten Punkt), dass der angeforderte Betriebsbeschleuniger wirklich abläuft.
Damit der Flankenwechsel „kein Pegel“ nach „Pegel“ erkannt werden kann, muss zuvor mindestens einen Unilac-Zyklus lang „kein Pegel“ angelegen haben.
- Ist der angeforderte Betriebsbeschleuniger gerade nicht ablauffähig (weil der Quellen-Abschnitt nicht ausführbereit ist), wird die Ausführungsanforderung zurückgestellt.
Nachdem ein Flankenwechsel („kein Pegel“ nach „Pegel“) stattgefunden hat, läuft der angeforderte Betriebsbeschleuniger erst dann ab, wenn er ausgeführt werden kann (Quelle ausführbereit) *und* die Anforderung der Ausführung noch ansteht.
- Wird nach Ablauf der Wartezeit nach einer Vorbereitungsanforderung innerhalb einer Timeout-Zeit (250 Unilac-Takte, also 5 s) der vorbereitete Betriebsbeschleuniger *nicht* ausgeführt (weil keine Ausführungsanforderung erfolgt oder weil der Quellen-Abschnitt nicht ausführbereit ist), nimmt die Pulszentrale die Vorbereitungsanforderung intern zurück. Eine erneute Vorbereitungsanforderung ist wieder durch einen Flankenwechsel (mindestens einen Unilac-Zyklus „kein Pegel“, dann wieder „Pegel“) einzuleiten.
Das gleiche gilt, wenn nach der letzten Ausführung eines angeforderten Betriebsbeschleunigers innerhalb einer (gegebenenfalls anderen) Timeout-Zeit keine weitere Ausführung des vorbereiteten Betriebsbeschleunigers erfolgt, obwohl die Vorbereitungsanforderung weiterhin ansteht.
Das erscheint sinnvoll, um nicht durch eine unvollständige Anfordersequenz die Ausführung des getaktet betriebenen Betriebsbeschleunigers im Timing-Abschnitt **TK** für immer zu blockieren.
- Eine Strahlanforderung kann jederzeit erneut eingeleitet werden, indem eine erneute Vorbereitungsanforderung angelegt wird. Sie ist immer durch einen Flankenwechsel (mindestens einen Unilac-Zyklus „kein Pegel“, dann wieder „Pegel“) einzuleiten.

- Zur Zeitsynchronisation mit dem SIS wird im Timing-Abschnitt **TK** ein Synchronisier-Event (`Ready_to_SIS`) zeitgenau zusätzlich in die Event-Folge eingefügt.

Das Event wird in einem festen Zeitbezug zum Strahlpuls verschickt (derzeit: 10 ms vor Beginn des Strahlpulses).

Die für den Timing-Abschnitt **TK** angeforderten Betriebsbeschleuniger können als “extern getriggert“ markiert werden:

- Über den Eingang zur Anforderung der Ausführung eines Betriebsbeschleunigers kann zusätzlich noch die Markierung des Betriebsbeschleunigers über Markierungs-Events ausgelöst werden. Einzelheiten dazu sind beschrieben in Abschnitt 14.

8 Event-Folgen der Betriebsbeschleuniger

Grundsätzlich gilt: Alle Betriebsbeschleuniger haben identische Sequenzen von Events. Die Eventabstände werden teilweise aus den Quellen-Einstellungen der jeweils zugeordneten Quellen-Abschnitte abgeleitet, teilweise sind sie spezifisch für jeden Betriebsbeschleuniger einzustellen.

- Alle Event-Abstände (und damit jeweils die genaue Event-Folge) werden aus den im folgenden angegebenen Parametern abgeleitet.
- Alle aus der Einstellung der zugeordneten Ionen-Quelle abgeleiteten Zeit-Informationen sind identisch für alle Betriebsbeschleuniger, die dieselbe Strahl-Quelle haben (also aus derselben Ionen-Quelle beliefert werden).

Das betrifft insbesondere die aus der Quellenpulslänge und der zeitlichen Lage des Quellenpulses abgeleiteten Informationen.

- Für jeden Betriebsbeschleuniger getrennt kann eingestellt werden, welcher Teil des von der Ionen-Quelle gelieferten Strahlpulses genutzt werden kann⁵ Das geschieht über die folgenden Parameter:

- *Strahlpulslänge*: Die Länge des für die Beschleunigung genutzten Strahlpulses.
- *Strahlpulsverzögerung*: Legt fest, wann der für die Beschleunigung genutzte Teil des Strahles beginnt (bezogen auf den Zeitpunkt, ab dem der Quellenpuls stabil steht, also für die Beschleunigung genutzt werden kann).

- Die Einstellwerte für die Betriebsbeschleuniger sind nicht unabhängig von der Einstellung der Ionen-Quelle:

- Strahlpulslänge und Strahlpulsverzögerung dürfen zusammengenommen nicht größer sein als die Quellenpulslänge.
- Umgekehrt kann über die Einstellung der Ionen-Quellen der jeweilige Quellenpuls nur so weit verändert werden, wie er mit keiner der Einstellungen der Strahlpulse in allen Betriebsbeschleunigern kollidiert, denen der jeweilige Quellen-Abschnitt zugeordnet ist. Soll der Quellenpuls weiter verändert werden, muss z. B. erst dafür gesorgt werden, dass der Quellen-Abschnitt keinem Betriebsbeschleuniger mehr zugeordnet ist.

⁵Aus dem angebotenen Quellenpuls wird durch einen der Quellen-Chopper ein Teil herausgeschnitten und als Strahlpuls weiterbeschleunigt. Es gibt derzeit zwei Quellen-Chopper, die in den jeweils ersten auf die Quellen-Abschnitte folgenden Beschleunigungs-Abschnitten angeordnet sind (einer im Abschnitt **UN** und einer im Abschnitt **UH**). Die Quellen-Chopper nehmen teil an der Puls-zu-Puls Umtastung, daher kann der Strahlpuls getrennt für jeden Betriebsbeschleuniger eingestellt werden.

9 Konditionierungs-Zyklen

Zur Konditionierung der HF-Anlagen ist es notwendig in Phasen, in denen in einem HF-Abschnitt kein Betriebsbeschleuniger läuft, zusätzliche HF-Pulse erzeugen zu können. Die Ausführungsrate dieser Konditionierungs-Zyklen muß begrenzt, Pulslänge und Amplitude einstellbar sein.

- Für jeden Timing-Abschnitt mit HF-Anlagen kann eine Höchstfolgefrequenz der *HF-Konditionierungs-Zyklen* für die HF-Anlagen eingestellt werden.

Sie ist definiert als Anzahl von Unilac-Zyklen und gibt an, wieviele Unilac-Zyklen mindestens zwischen zwei *HF-Konditionierungs-Zyklen* sein müssen. Ist diese Anzahl erreicht, dann wird im nächsten Unilac-Zyklus, in dem die HF nicht getriggert wird ein *HF-Konditionierungs-Zyklus* eingeschoben.

D. h. die *HF-Konditionierungs-Zyklen* konkurrieren nicht mit Betriebsbeschleunigern, sondern kommen nur dann zur Ausführung, wenn kein Betriebsbeschleuniger den entsprechenden HF-Abschnitt belegt.

- *HF-Konditionierungs-Zyklen* werden gegenüber *HF-Stabilisierungs-Zyklen* bevorzugt ausgeführt, sie genießen quasi *höhere Priorität*.

10 Stabilisierungs-Zyklen

Zunächst einmal gilt: Die HF-Sender werden nur dann getriggert, wenn tatsächlich auch Strahl beschleunigt werden soll. Das würde aber bedeuten, dass die HF-Anlagen längere Zeit ausbleiben, wenn kein geeigneter Strahl produziert werden soll oder kann. Entsprechendes gilt für einige Typen von Ionen-Quellen.

Um dadurch hervorgerufene Probleme zu verringern, kann eingestellt werden, dass automatisch weitere Zyklen eingefügt werden, in denen die HF-Anlagen bzw. die Quellen getriggert werden. Diese Stabilisierungszyklen werden üblicherweise als „Warmhalte-Zyklen“ bezeichnet. Das ist allerdings irreführend, denn es geht nicht allein darum, ein zu starkes Auskühlen zu verhindern, sondern auch (bei den HF-Anlagen) darum, die Betriebsfähigkeit trotz Änderungen der Temperatur sicherzustellen (Tauchkolbenregelung). Diese zusätzlich eingefügten Zyklen werden darum im folgenden als Stabilisierungs-Zyklen bezeichnet.

- Für jeden Quellen-Abschnitt kann eine Mindestfolgefrequenz für die Quellenpulse eingestellt werden.

Sie ist definiert als Anzahl von Unilac-Zyklen. Wird diese Anzahl überschritten, ohne dass die Quelle gezündet hat, dann wird jeweils ein *Quellen-Stabilisierungs-Zyklus* eingeschoben.

- Für jeden Timing-Abschnitt mit HF-Anlagen kann eine Mindestfolgefrequenz für die HF-Anlagen eingestellt werden.

Sie ist definiert als Anzahl von Unilac-Zyklen. Wird diese Anzahl überschritten, ohne dass die HF-Anlagen getriggert wurden, dann wird jeweils ein *HF-Stabilisierungs-Zyklus* eingeschoben.

- Die Stabilisierungs-Zyklen sorgen nur dafür, dass die Ionen-Quelle zündet bzw. dass die HF-Anlagen getriggert werden. Sie enthalten deshalb nur die Events, die für den Betrieb der Ionen-Quellen bzw. der HF-Anlagen erforderlich sind.
- Der Aufbau der Quellen-Stabilisierungs-Zyklen richtet sich nach dem Typ der Ionen-Quelle.
- Der Aufbau der HF-Stabilisierungs-Zyklen kann ebenfalls in den einzelnen Timing-Abschnitten unterschiedlich sein (unterschiedliche HF-Anlagen).

- Die Stabilisierungs-Pulse werden verschickt als virtueller Beschleuniger 15. Deshalb kann nicht darauf zugegriffen werden. Es ist insbesondere nicht möglich, Geräte (Strahldiagnose!) dafür anzusprechen, da der virtuelle Beschleuniger 15 nicht für das Operating zugänglich ist.

11 Therapie-Betrieb

Hier sind die wichtigsten Anforderungen für den Therapie-Betrieb zusammengestellt. Diese Aufstellung kann aber noch nicht als abschließend betrachtet werden!

- Als *Therapie-Betrieb* wird der Zustand des Unilac bezeichnet, in dem er Strahl für die Bestrahlung eines Patienten liefern kann.
- Der Therapie-Betrieb ist durch eine Umschaltung der Betriebsart explizit einzuleiten bzw. explizit wieder zu verlassen.
Es ist vorgesehen, den Therapie-Betrieb nur jeweils für die Bestrahlung *eines* Patienten einzunehmen.
- Die Umschaltung in den Therapie-Betrieb sowie das Verlassen desselben erfolgt automatisch, gesteuert vom Bestrahlungsplatz.
Die Übermittlung an den Unilac erfolgt über die SIS-Pulszentrale.
- Eine Umschaltung in den Therapie-Betrieb ist aber nur möglich, wenn diese Umschaltung durch das Operating freigegeben wurde. Diese Freigabe muss nicht vor jeder Umschaltung erneut erfolgen, sie gilt solange, bis sie wieder zurückgenommen wird.
- Für die Erzeugung von Strahl für den Bestrahlungsplatz wird ausschließlich der Betriebsbeschleuniger Nr. 0 verwendet. Dieser virtuelle Beschleuniger wird im folgenden als *Therapie-Beschleuniger* bezeichnet.

Während des Therapie-Betriebes, also für den Zeitraum von der Umschaltung in den Therapie-Betrieb bis zum Verlassen desselben, gilt:

- Der Therapiebeschleuniger läuft *ausschließlich* auf Anforderung für den Timing-Abschnitt **TK** (d. h. vom SIS angefordert). Er läuft nicht getaktet, d. h. es gibt im Therapie-Betrieb *keine* Zwischenpulse.
- Während des Therapie-Betriebs darf auch kein anderer Betriebsbeschleuniger mit Zwischenpulsen für den Timing-Abschnitt **TK** ausgeführt werden.
- Für die Dauer des Therapie-Betriebes sind alle Beschleuniger-Komponenten, die für die Erzeugung des Therapie-Strahles benötigt werden, gegen Eingriffe des Operatings verriegelt. Diese Verriegelung wird bei der Umschaltung in den Therapie-Betrieb eingeleitet und beim Verlassen des Therapie-Betriebes zurückgenommen. Die Pulszentrale verschickt die dafür erforderlichen Event-Kommandos (ECCs).
- Auch die Pulszentrale zählt zu den Komponenten, die für die Erzeugung des Therapie-Strahles benötigt werden. Deshalb sind für die Dauer des Therapie-Betriebes *keinerlei* Veränderungen an der Einstellung der Pulszentrale möglich.
- Bei der Umschaltung in den Therapie-Betrieb gilt:
 - Alle DC-Komponenten sollen auf ihren Therapie-Sollwert gesetzt werden (DC-Magnete, Strahldiagnose-Antriebe, ...). Die Pulszentrale verschickt die dafür erforderlichen Event-Kommandos (ECCs).

- Die gepulsten Magnete sollen auf einen Therapie-Init-Wert (der als 0 A definiert sein soll) gesetzt werden. Die Pulszentrale verschickt die dafür erforderlichen Vorbereitungs-Events.
- Für alle Betriebsbeschleuniger mit dem Strahlziel **TKU**, **TKG** oder **TKD** wird die Untersetzung (Zwischenpulstrate) auf 0 gesetzt.
- Vor Ausführung eines Therapiebeschleunigers hat die Pulszentrale zu veranlassen, dass die Sollwerte der gepulsten Geräte aus dem nichtflüchtigen Speicher (Flash) geholt werden. Die Pulszentrale verschickt die dafür erforderlichen Event-Kommandos (ECCs).
- Ausserhalb der für die Therapie benötigten Timing-Abschnitte, also in den Timing-Abschnitten **UL**, **UR**, **UH**, bleiben die zuvor eingestellten Pulszentralen-Einstellungen weiterhin wirksam. Veränderungen können aber während des Therapie-Betriebes nicht vorgenommen werden.

12 Hochstrom

Soweit bisher absehbar, hat der Hochstrombetrieb im Unilac nur in wenigen Punkten Einfluss auf die Funktionalität der Pulszentrale.

- Betriebsbeschleuniger, in denen Hochstrom-Pulse beschleunigt werden, sind besonders als „Hochstrom-Beschleuniger“ zu kennzeichnen, damit Komponenten des Beschleunigers erforderlichenfalls besondere Aktionen für den Hochstromfall durchführen können.
- Die Kennzeichnung als Hochstrombeschleuniger ist über das Eventverteilsystem zu verschicken (Siehe auch Abschnitt 13.7).
- Die Betriebsart „Hochstrom-Beschleuniger“ ist nicht innerhalb eines Betriebsbeschleunigers umtastbar. Das heisst, ein Betriebsbeschleuniger ist, abhängig von der jeweiligen Beschleuniger-Einstellung („Beschleuniger-Init“) entweder bei jeder Ausführung oder bei keiner Ausführung als Hochstrom-Beschleuniger zu kennzeichnen.
- In Betriebsbeschleunigern, in denen Hochstrom-Pulse beschleunigt werden, sind möglicherweise zusätzliche Triggersignale (Events) einzufügen, um erforderlichenfalls Komponenten des Beschleunigers (z. B. die HF-Anlagen) besonders für den Hochstrompuls vorzubereiten.
- Zur Vermeidung von Schäden an den Anlagen kann, zum Beispiel während der Einstellphasen, bei ansonsten unveränderter Pulszentralen-Einstellung (weitgehend unveränderte Event-Folgen, nur die Events zur Strahlpulsformung werden temporär verschoben) der Strahlpuls verkürzt werden. Einzelheiten dazu siehe Abschnitt 13.4.

13 Unilac-Interlocksystem und -Choppersteuerung

13.1 Aufgaben

Das Unilac-Interlocksystem soll zunächst einmal dafür sorgen, dass bei Störungen des Strahltransports (Ausfall von wichtigen Komponenten, aber auch Einfahren von Ventilen usw.) Ionenstrahlen, die durch diesen Strahlzweig gehen, möglichst nahe an der Ionen-Quelle unterbrochen werden.

Zum Strahlabbruch befinden sich hinter den Ionen-Quellen schnelle Chopper (Quellen-Chopper). Derzeit gibt es einen Quellen-Chopper (*UN-Chopper*) für die Ionen-Quelle im Timing-Abschnitt **UN** (HLI) sowie einen Quellen-Chopper im HSI-Zweig des Unilac (*UH-Chopper*), mit dem sowohl Strahlen aus der Ionen-Quelle im Timing-Abschnitt **UL** als auch Strahlen aus der Ionen-Quelle im

Timing-Abschnitt **UR** unterbrochen werden können. Diese Quellen-Chopper werden vom Unilac-Interlocksystem über die Unilac-Choppersteuerung mit direkten Hardwareverbindungen aktiviert. Da über das Unilac-Interlocksystem direkt, d. h. ohne Einstellungen an die Einzel-Geräte zu schicken, auf alle Quellen-Chopper zugegriffen werden kann, wird das Unilac-Interlocksystem auch genutzt zum Profiltitterschutz.

Für alle Aktionen des Unilac-Interlocksystems gilt:

- Unabhängig davon, wie das Unilac-Interlocksystem gerade auf den Strahl wirkt (ihn etwa völlig wegtastet), läuft die Pulszentrale unverändert im einmal eingestellten Rhythmus weiter (siehe Abschnitt 4.4).

Das führt dazu, dass Betriebsbeschleuniger ablaufen können, in denen das Unilac-Interlocksystem den Strahl ausgetastet oder verkürzt hat. Dieser Zustand hält solange an, bis die Ursache der Strahlbeeinflussung beseitigt ist — die Pulszentrale ändert die einmal eingestellten Abläufe der Betriebsbeschleuniger nicht von sich aus ab.

13.2 Steuerung der Quellen-Chopper

Jeder Quellen-Chopper kann auf zwei verschiedene Weisen auf den Strahl einwirken. Diese beiden Möglichkeiten können vom Unilac-Interlocksystem getrennt ausgelöst werden:

- *Pulsunterdrückung*: Der Strahlpuls wird vollständig unterdrückt.
- *Pulsabbruch*: Der Strahlpuls wird sofort unterbrochen, sobald das Signal zum Abbruch eintrifft.

Beide Möglichkeiten zur Strahlbeeinflussung durch die Quellen-Chopper können durch Anlagen-Interlocks ausgelöst werden, von denen es verschiedene Klassen gibt. Darüberhinaus kann jeder der Quellen-Chopper über einen weiteren Eingang direkt angesprochen werden:

- Pulsunterdrückung und Pulsabbruch können durch Anlagen-Interlocks ausgelöst werden.
- Die Pulsunterdrückung kann über Kommandos an das Unilac-Interlocksystem auch direkt ausgelöst werden.

Um insbesondere die durch Anlagen-Interlocks verursachte Beeinflussung des Strahles erkennen zu können, kann der Zustand jedes der angeschlossenen Quellen-Chopper über das Unilac-Interlocksystem rückgelesen werden:

- Für jeden Quellen-Chopper gibt es zwei Rückmeldesignale:
 - Strahl wurde durch Pulsunterdrückung ganz verhindert.
 - Strahl wurde durch Pulsabbruch unterbrochen.
- Diese Rückmeldesignale sind über das Unilac-Interlocksystem zugänglich und können über dieses rückgelesen werden.
- Die Rückmeldesignale stehen jeweils so aktuell wie möglich zur Verfügung. Das bedeutet: An diesen Signalen kann die Beeinflussung des Strahles durch die Quellen-Chopper für jeden Unilac-Zyklus erkannt werden.
- Da der Pulsabbruch auf einen laufenden Strahlpuls einwirken kann, steht die volle Information erst zur Verfügung, *nachdem* der Strahlpuls vorbei ist – der Pulsabbruch könnte ja ganz kurz vor Ende des Strahlpulses aktiviert worden sein.

13.3 Anlagen-Interlocks

Im Beschleuniger können recht unterschiedliche Typen von Anlagen-Interlocks ausgelöst werden. Es sind dies mehr statische Interlocks wie eingefahrene Ventile und Faraday-Tassen oder ausgefallene Magnetnetzgeräte. Daneben gibt es aber auch recht dynamische Interlocks, die durch eine Online-Transmissionüberwachung (durch Messung von Strahlströmen durch Strahl-Trafos und Vergleich der Messwerte in der VME-Gerätesoftware oder direkt in schnellen Hardware-Vergleichern) ausgelöst werden.

Für alle Typen von Interlocks werden die Signalquellen abschnittsweise zusammengefasst. Interlocks aus den einzelnen Interlock-Abschnitten sollen auf den Quellen-Chopper wirken, durch den der jeweilige Strahl der aktuell ablaufenden Betriebsbeschleuniger gerade läuft. Die Zuordnung von Interlock-Abschnitten zu Quellen-Chopperelementen geschieht durch das Unilac-Interlocksystem. Diese Zuordnung kann sich, in Teilen, von Betriebsbeschleuniger zu Betriebsbeschleuniger ändern. Daher muss die Pulszentrale die jeweilige Zuordnung dem Unilac-Interlocksystem jeweils aktuell zur Verfügung stellen. Für die Zuordnung gilt:

- Soweit möglich, ist die Zuordnung von Interlock-Abschnitten zu Quellen-Chopperelementen fest. Das betrifft z. B. die Zuordnung der Beschleuniger-Komponenten im HSI-Bereich zum UH-Chopper.
- Für Interlock-Abschnitte, die aus mehreren Quellen beliefert werden können, sowie für Interlock-Abschnitte, die alternativ durchlaufen werden können, muss die Pulszentrale für den aktuellen Unilac-Zyklus an das Unilac-Interlocksystem übermitteln, ob die jeweiligen Interlock-Abschnitte im aktuellen Beschleunigungs-Zyklus von Strahl durchlaufen werden, und aus welcher Quelle sie beliefert werden.
- Diese umtastbare Zuordnung von Interlock-Abschnitten zu Quellen-Chopperelementen betrifft alle Interlock-Abschnitte ab **AT**. Dabei kann es auch vorkommen, dass ein Interlock-Abschnitt *keinem* Quellen-Chopper zugeordnet ist (weil er z. B. gerade nicht von Strahl durchlaufen wird).
- Diese umtastbare Zuordnung muss dem Unilac-Interlocksystem bereits zu Beginn eines Beschleunigungs-Zyklus übermittelt werden.
- Neben der umtastbaren Zuordnung gibt es noch eine umschaltbare Zuordnung. Sie gibt an, welche der Interlock-Unterabschnitte **UXx**, **UYy**, **UZz** und **UMm** in den Interlock-Abschnitten **UX**, **UY**, **UZ** und **UM** jeweils aktiv ist.
- In jedem der Interlock-Abschnitte **UX**, **UY**, **UZ** und **UM** kann nur höchstens (genau?) ein Interlock-Unterabschnitt aktiv sein.
- Die Zuordnung von Interlock-Unterabschnitten zu Interlock-Abschnitten ändert sich nur, wenn ein anderer Experimentierplatz angewählt wird. Diese Zuordnung ist daher nicht in jedem Beschleunigungs-Zyklus an das Unilac-Interlocksystem zu übermitteln, sondern nur bei Änderungen.

13.4 Reduktion der Strahlpulsleistung

Es soll eine Möglichkeit zur gewollten Pulsverkürzung geben, um dadurch die Pulsleistung bei konstantem Pulsstrom zu reduzieren. Auf diese Weise kann bei sehr intensiven Ionenstrahlen die Leistung des Strahlpulses z. B. in der Einstellphase soweit reduziert werden, dass keine Schäden durch auftreffenden Strahl an den Beschleunigerkomponenten hervorgerufen werden.

- Die Reduktion der Strahlpulsleistung kann für jeden Betriebsbeschleuniger getrennt eingeschaltet werden.

- Bei eingeschalteter Reduktion der Strahlpulsleistung wird bei jeder Ausführung des Betriebsbeschleunigers die Strahlpulslänge verkürzt.
- Die Verkürzung der Pulslänge geschieht, indem die zeitliche Lage der Events zur Steuerung der Quellen-Chopper temporär (nur während eingeschalteter Pulsverkürzung) verändert wird.

13.5 Betriebsbeschleuniger ohne Strahl

über die Quellen-Chopper ist es möglich, in einem Betriebsbeschleuniger den Strahl abzubrechen, ohne die Eventfolge abzuändern. Diese Möglichkeit soll dem Operating zur Verfügung gestellt werden:

- Jeder Betriebsbeschleuniger kann in zwei Zuständen ablaufen: Mit und ohne Strahl.
- Im Zustand „mit Strahl“ wird der Betriebsbeschleuniger so ausgeführt, wie man sich das vorstellt: Es werden tatsächlich Ionen beschleunigt.
- Im Zustand „ohne Strahl“ („strahlblocked“) wird bei jeder Ausführung des Betriebsbeschleunigers der jeweilige Quellen-Chopper aktiviert. Dadurch wird der Ionen-Strahl immer im Quellen-Chopper abgebrochen.
- In den beiden Zuständen „mit Strahl“ und „ohne Strahl“ werden identische Eventfolgen verschickt.
- Von der Operating-Ebene kann zwischen beiden Zuständen umgeschaltet werden.

13.6 Profilhitterschutz

Zum Schutz der Profilhitters gegen Zerstörung durch den Strahl soll bei eingefahrenem Profilhitter die *mittlere* Leistung des Strahles reduziert werden. Dazu soll die *Pulslänge* verkürzt und die *Pulsrate* untersetzt werden.

Um Fehlbedienungen zu vermeiden, sollte der Profilhitterschutz automatisch aktiviert werden, sobald Profilhitter in den Strahlweg eingefahren werden. Bisher ist vorgesehen, die Pressluftantriebe der Profilhitter zu blockieren und diese Blockierung über Taster an der Unilac-Konsole im HKR zu steuern. Der Zustand der Taster kann von der Pulszentrale ausgewertet und zur automatischen Aktivierung des Profilhitterschutzes verwendet werden (siehe auch Abbildung 23.2.2 auf Seite 67).

- Sobald für einen Profilhitter-Abschnitt die Pressluftantriebe freigetastet werden, untersetzt die Pulszentrale über die Choppersteuerung alle Betriebsbeschleuniger, die durch diesen Bereich gehen und verkürzt die *Pulslänge* auf $500\mu\text{s}$.
- Die Untersetzungsrate wird so gewählt, dass die jeweiligen Betriebsbeschleuniger höchstens in jedem *20*-ten Unilac-Zyklus mit Strahl ausgeführt werden.
- Sobald für keinen der Profilhitter-Abschnitte eines Betriebsbeschleunigers noch eine Meldung vorliegt, dass in einem Bereich eine Schutz Taste gedrückt ist, wird der Betriebsbeschleuniger automatisch wieder mit der ursprünglichen *Pulslänge* und Untersetzung ausgeführt.
- Die Austastung des Strahls (völlige Unterdrückung bzw. Untersetzung eines Betriebsbeschleunigers) erfolgt, indem die Pulszentrale über die Choppersteuerung die Pulsunterdrückung für den jeweils zugeordneten Quellen-Chopper aktiviert.

13.7 Kennzeichnung des Anlagenzustandes

Das Unilac-Interlocksystem kann, wie beschrieben, den Strahl beeinflussen, ohne dass die Event-Folgen der Pulszentrale abgeändert werden.

Demzufolge arbeiten alle Geräte weiter wie zuvor. Das kann zumindest zu Irritationen führen, denn Strahldiagnosekomponenten z. B. können dann keine vernünftigen Anzeigen mehr liefern, weil kein Strahl mehr in der Maschine ist, der gemessen werden kann.

Daher erscheint eine Meldung an alle Komponenten sinnvoll, dass beabsichtigt (weil vom Interlock-System weggeschaltet) kein Strahl mehr beschleunigt wird.

Dazu ist vorzusehen:

- Die Pulszentrale muss vom Unilac-Interlocksystem in jedem Beschleunigungs-Zyklus rücklesen, ob die Quellen-Chopper aktiviert wurden.
- Rückgelesen werden die zwei Informationen (siehe Abschnitt 13.2)
 - Strahl wurde durch Pulsunterdrückung ganz verhindert.
 - Strahl wurde durch vom Interlocksystem ausgelöste Pulsverkürzung verkürzt.
- Diese je zwei Informationen (und damit der Zustand jedes Quellen-Choppers) sind von der Pulszentrale über den Event-Bus jeweils in demjenigen Betriebsbeschleuniger zu verteilen, der mit Strahl durch den zugeordneten Quellen-Chopper versorgt wird.
- Diese zwei Informationen werden erst *nach* Ende des Strahlpulses gelesen und verteilt, da sie erst zu diesem Zeitpunkt vollständig vorliegen.
- Eventuell ist die Information über den Zustand der Quellen Chopper zu kombinieren mit der Kennzeichnung des Betriebsbeschleunigers als „Hochstrom-Beschleuniger“ (siehe Abschnitt 12).

14 Zyklusmarkierung (Einzelschuss-Messwertaufnahme)

Für einige Anwendungen ist es wichtig, Daten verschiedener Geräte zu korrelieren, die in *demselben* Beschleunigungs-Zyklus aufgenommen wurden. Da die Geräte unabhängig voneinander angesteuert werden und auf Kontrollsystemebenen oberhalb der SE-Ebene ($G\mu P$, Operatingrechner) keine strenge Echtzeitkopplung möglich ist, wird eine Markierung einzelner Unilac-Zyklen vorgesehen. Dazu verschickt die Pulszentrale in einzelnen Unilac-Zyklen eines (von mehreren möglichen) Markierungs-Events. Wird eines dieser Markierungs-Events empfangen, kann die Software der einzelnen Geräte den im laufenden Zyklus aufgenommenen Messwert in einem besonderen Puffer ablegen. Dort bleiben die Messwerte so lange erhalten, bis erneut ein Markierungs-Event empfangen wurde. Wenn immer erst dann ein weiteres Markierungs-Event verschickt wird, wenn alle gewünschten Messwerte ausgelesen sind, erhält man für beliebige Geräte konsistente Messwerte aus *demselben* Zyklus.

- Die Pulszentrale kann in einzelnen Unilac-Zyklen verschiedene (vorgesehen: 4 verschiedene) Markierungs-Events verschicken.
- In jedem Unilac-Zyklus kann *höchstens* ein Markierungs-Event verschickt werden.
- Die Markierungs-Events sind „normale“ Events, in deren Pattern die Nummer des jeweiligen Betriebsbeschleunigers enthalten ist.
- Das Verschicken der Markierungs-Events in den einzelnen Betriebsbeschleunigern kann von der Operating-Ebene ausgelöst werden.

Nach dem Empfang des jeweiligen Auftrages wird das Markierungs-Event *einmalig* in dem Betriebsbeschleuniger verschickt, für den es aufgesetzt werden soll. Jedes Verschicken erfordert also einen erneuten Auftrag.

- Zusätzlich wird vorgesehen, das Verschicken von Markierungs-Events auch über den Anfordermechanismus für die Betriebsbeschleuniger auszulösen, die für den Timing-Abschnitt **TK** angefordert werden.

Der Sinn liegt darin, Messwerte pulszentralenübergreifend (also gleichzeitig im Unilac und im SIS) korreliert aufzunehmen. Das ist zum Beispiel wichtig für die Messung der Transmission zwischen zwei Beschleunigeranlagen.

- Das Verschicken eines Markierungs-Events ist bei der Anforderung der Ausführung des Betriebsbeschleunigers (siehe Abschnitt 7.1) zu signalisieren. Das angeforderte Markierungs-Event wird dann bei der Ausführung des angeforderten Betriebsbeschleunigers verschickt.
- Mit jeder Anforderung der Ausführung des Betriebsbeschleunigers kann nur jeweils *ein* Markierungs-Event angefordert werden.
- Um zu verhindern, dass Messwerte überschrieben werden, weil die bei dem letzten Verschicken desselben Markierungs-Events aufgenommenen Messwerte noch nicht ausgelesen sind, kann während jeder Anforderung der Vorbereitung eines Betriebsbeschleunigers (siehe Abschnitt 7.1) jedes der Markierungs-Events nur einmal verschickt werden.

Wird während einer Anforderung der Vorbereitung das Verschicken eines Markierungs-Events mehrfach angefordert, so wird das Markierungs-Event nur beim ersten mal verschickt. Alle weiteren Anforderungen der Verschickung des Markierungs-Events werden bis zur nächsten Anforderung der Vorbereitung ignoriert.

- Markierungs-Events, die über die Anforderungsleitung im Timing-Abschnitt **TK** ausgelöst werden, haben Vorrang. Sie werden verschickt, sobald sie angefordert werden.
- Markierungs-Events, die durch einen Auftrag von der Operating-Ebene ausgelöst werden, werden im jeweils nächsten Betriebsbeschleuniger verschickt, für den sie aufgesetzt sind, und für den:
 1. Kein Markierungs-Event über die Anforderungsleitung im Timing-Abschnitt **TK** ausgelöst ist,
 2. kein Markierungs-Event aus einem älteren Auftrag von der Operating-Ebene zu verschicken ist.

Die Markierungs-Events werden also in der Reihenfolge verschickt (eines pro Betriebsbeschleuniger), in der die Aufträge dafür eintreffen.

15 Sonstiges

15.1 Experiment-Synchronisierungspulse (Targetrad-Synchronisation)

Einige Experimentaufbauten (z. B. Targeträder) erfordern eine Synchronisierung mit der Netzfrequenz (50 Hz), die phasenstarr an den Strahlpuls gekoppelt ist. Dazu wird ein Triggersignal benötigt, das in jedem 20 ms Takt zum Zeitpunkt des Strahlpulsbeginns des entsprechenden Betriebsbeschleunigers generiert wird. Die Nummer des Betriebsbeschleunigers soll einstellbar sein. Siehe hierzu Abbildung 20 auf Seite 56.

15.2 Betriebsstatistik

Es ist zu erfassen, wie lange die jeweils im Unilac eingestellten Strahlen wirklich produziert wurden.

- Nach den bei der Erstellung dieser Notiz in der jeweils aktuellen Fassung vorliegenden Informationen über die gewünschten Möglichkeiten der Aufnahme einer Betriebsstatistik gilt:
 - Die Erfassung der Daten für die Betriebsstatistik muss im wesentlichen auf der Operating-Ebene realisiert werden.
 - Die Pulszentrale in der in dieser Notiz beschriebenen Funktionalität stellt dafür alle erforderlichen Informationen zur Verfügung.

16 Optionen

Die folgenden Bemerkungen werden zunächst *nicht* realisiert. Spätere Erweiterungen wie unten beschrieben sind jedoch möglich.

16.1 Sparmechanismen

Jegliche Vorkehrungen zur Reduzierung der verbrauchten Leistung müssen derzeit im Auge behalten, die mittlere Temperatur der HF-Strukturen unverändert zu lassen. Daher können Mechanismen, die darauf beruhen, einzelne Betriebsbeschleuniger *nicht* auszuführen, erst verwirklicht werden, wenn die Stabilität des Beschleunigers bei Temperaturänderungen gewährleistet ist.

Die Pulszentrale arbeitet autonom, unbeeinflusst davon, ob die Geräte zur Verfügung stehen oder nicht. Um Strom zu sparen und um nicht unnütz kostbare Strahlzeit des Beschleunigers mit Zyklen zu belegen, in denen doch kein Strahl produziert werden kann, können die einzelnen Quellen-Abschnitte als ganzes ab- und wieder angeschaltet werden.

- Jeder Quellen-Abschnitt getrennt kann entweder *enabled* oder *disabled* gesetzt werden.
- Der Zustand *enabled* entspricht dem bisher beschriebenen Betrieb.
- Im Zustand *disabled* gilt: Alle Betriebsbeschleuniger, die diesen Quellen-Abschnitt zugeordnet haben, sind stets *nicht* ausföhrbereit. Sie werden deshalb nie ausgeföhrt.
- Betriebsbeschleuniger mit einem Quellen-Abschnitt, der disabled ist, verbrauchen daher weder Strom noch verhindern sie die Ausführung von Betriebsbeschleunigern aus anderen Quellen-Abschnitten (siehe Abschnitt 6.4).
- Die Mechanismen für Mindeststraten bei Quellen- und HF-Abschnitten sind nicht beröhrt, wenn ein Quellen-Abschnitt auf disabled gesetzt ist.

Gedacht ist, die Quellen-Abschnitte während der Quellenwechsel auf disabled zu setzen.

Es ist ferner möglich, die Gesamtanlage abstellen zu können:

- Entsprechend der Abschaltung einzelner Quellen-Abschnitte gibt es die Möglichkeit, die Ausführung *aller* Betriebsbeschleuniger zu disablen.
- Auch durch das disablen aller Betriebsbeschleuniger werden die Mechanismen für Mindeststraten nicht beröhrt.

Teil II

Die Realisierung in Hard- und Software

17 Umfang eines logischen Gerätes

Im Sinne des Kontrollsystems ist die Unilac-Pulszentrale nur *ein* logisches Gerät mit einer einzigen Nomenklatur, welches aber einen ganzen VME-Rahmen mit 9 SEs umfaßt (1 SE für die Superzyklus-Pulszentrale, 1 SE für Interlocksystem und Choppersteuerung und 7 SEs für die Zyklus-Pulszentralen der 7 Timingabschnitte, siehe Abb. 19 auf Seite 43).

18 Choppersteuerung/Interlocksystem

18.1 Zu verarbeitende Signale

Das System Choppersteuerung/Interlocksystem muss sowohl schnelle Signale (μs) verarbeiten bzw. generieren als auch Signale, die jeweils mindestens für den gesamten Unilac-Zyklus (20 ms) gelten. Insbesondere sind viele relativ langsam veränderliche (quasistatische) Signale wie die Komponenteninterlocks zu verarbeiten, bei denen es völlig ausreichend ist, sie nur einmal pro Unilac-Zyklus (20 ms) zu verarbeiten bzw. auszugeben.

Deshalb kann das System nach den folgenden Kriterien aufgebaut werden:

- Es muss unterschieden werden zwischen „schnellen“ und „langsamen“ Signalen.
Schnelle Signale sind solche, die innerhalb eines Unilac-Zyklus bearbeitet werden müssen. Beispiel: Abbruch des laufenden Strahlpuls durch die Verlustüberwachung.
Langsame Signale sind solche, die während eines Unilac-Zyklus als stabil betrachtet werden können bzw. auf die nicht innerhalb des laufenden Unilac-Zyklus reagiert werden muss, sondern bei denen gegebenenfalls bis zum nächsten Zyklus gewartet werden kann. Beispiel: Interlockmeldungen von Magnetnetzgeräten.
- Alle „schnellen“ Signale werden in einem eigenen Hardware-Modul zusammenfassend bearbeitet, der *Choppersteuerung*.
- Alle „langsamen“ Signale und Informationen, die nur einmal pro Zyklus ausgewertet und verarbeitet werden müssen, werden ausschliesslich über Software in der steuernden SE verarbeitet. Es erfolgt keine Verarbeitung von Interlocksignalen etc. in Hardwaremodulen.
Die SE zur Steuerung des Interlocksystems wird im folgenden als *Interlocksteuerung* bezeichnet.
- Alle langsamen Signale bzw. zyklusrelevanten Informationen werden nur einmal pro Unilac-Zyklus eingelesen bzw. ausgegeben. Natürlich müssen sie in *jedem* Unilac-Zyklus (20 ms) aktualisiert werden.
- Alle langsamen Signale/Informationen werden in die Interlocksteuerung (Steuer-SE) über I/O-Karten eingelesen bzw. von dieser ausgegeben.

Das gilt auch für die Informationen, die mit der Pulszentrale auszutauschen sind, sowie für die Ansteuerung der Choppersteuerung.

18.2 Choppersteuerung (schnelle Signale)

Die Choppersteuerung erzeugt die Ansteuerpulse für die beiden Chopper. Da dieses Modul die einzige schnelle Signalverarbeitung beinhaltet (besser als *mus*), werden hier auch die schnellen Interlocks des Trafo-Messsystems verarbeitet.

Folgende Signale/Daten sind zu bearbeiten:

Strahlgates (IN): Gatepulse, die angeben, wann Strahl produziert werden soll bzw. wann der Strahl stabil steht „good beam“.

Diese Gates werden letztlich von Events der Pulszentrale abgeleitet (bei einem Event Gate an, bei einem anderen Gate aus). Um noch kürzere Pulse erzeugen zu können als das über Verschieben von Events möglich ist (minimaler Eventabstand), sind die Strahlgates gegebenenfalls weiter zu verkürzen.

Diese Pulsverkürzung sollte direkt durch die Pulszentrale gesteuert werden.

Trafo-Interlocksignale (IN): Signale der Trafomesssysteme, die einen Abbruch des laufenden Strahles bewirken.

Es gibt getrennte Signale für die Strahlverlustmessung sowie für die Strahlleistungsmessung (Profilgitterschutz), die jeweils wiederum Abschnittsweise angeliefert werden.

EH-Strahlanforderung (IN): Anforderungsleitungen der Experimentierhallenstrahlzweige.

Da über diese Leitungen auch ein Abbruch des laufenden Strahles erfolgen kann, müssen diese Leitungen direkt in die Choppersteuerung geführt werden.

Chopperpulse (OUT): Ansteuerpulse für die Chopper.

Trafo-Gates (OUT): Ansteuerpulse für die Trafomesssysteme.

Diagnosepulse (OUT): Pulse, um über Oszilloskope die Funktion der Choppersteuerung beobachten zu können.

18.3 Anlagen-Informationen (langsame Signale)

Zu den Komponenten der Anlage gehört eigentlich auch die Pulszentrale. Wegen der zentralen Stellung der Pulszentrale wird der Datenaustausch mit diesem Gerät aber gesondert aufgeführt. Die angegebene Datenrichtung ist die aus Sicht der Interlocksteuerung (der Interlock-SE), einzulesende Daten werden mit IN, auszugebene Daten mit OUT bezeichnet.

Geräteinterlockmeldungen (IN): Abschnittsweise zusammengefasste Interlockmeldungen der Geräte.

Für derzeit 16 Interlockabschnitte jeweils bis zu 8 Interlockmeldungen (Ventilstellung, Umlenkmagnete, Fokussiermagnete, Steerer, HF-Anlagen ...).

Abschnittstassenansteuerung (OUT): Signale, um Abschnittstassen in den Strahlweg fahren zu können.

Über diese Signale sollen durch die Interlocksteuerung Abschnittstassen eingefahren werden, wenn Interlocks in Bereichen gemeldet werden, die nicht durch Austasten eines Choppers geschützt werden können.

Abschnittstassenlagemeldung (IN): Meldung, an welchen Stellen eine Abschnittstasse eingefahren ist.

Unter anderem, damit Interlocks in Bereichen, die hinter eingefahrenen Abschnittstassen liegen, nicht zu einer Austastung des Strahles führen.

EH-Strahlwegumschaltung (OUT): Anwahl der Interlock-Unterabschnitte der X-, Y- und Z-Strahlzweige der Experimentierhalle (je nach beliefertem Messplatz in den Strahlzweigen).
Derzeit 16 Bit zur Anwahl der Interlock-Unterabschnitte (der Messplätze in den Strahlzweigen).

18.4 Datenaustausch mit der Pulszentrale

Einige Informationen werden sowohl von der Pulszentrale als auch von der Interlocksteuerung benötigt. Um zu vermeiden, dass diese Informationen mehrfach gehalten werden und deshalb auseinanderlaufen können, sollen diese Daten nur an einer Stelle gespeichert werden und per I/O-Karten dann an das jeweils andere System geliefert werden, wenn sie benötigt werden. Die angegebene Datenrichtung ist die aus Sicht der Interlocksteuerung (Interlock-SE), IN bezeichnet Pulszentrale zur Interlocksteuerung, OUT bezeichnet Interlocksteuerung zur Pulszentrale.

Strahlwegpattern (IN): Quelle-Ziel Kennung aller im aktuellen Unilac-Zyklus vorhandenen Strahlen.

Aktuelle virtuelle Beschleuniger (IN): Welche virtuellen Beschleuniger im Unilac gerade laufen.

Experimentierhallenstrahlwege (IN): Kennung der in den X-, Y- und Z-Zweigen angewählten Experimentierplätze (zur Bedienung der EH-Strahlwegumschaltung).

Freigabemaske Profilgitter (IN): Maske, in welchen Profilgitterabschnitten ein Gitter eingefahren werden darf.

Strahlblock (IN): Meldung über den Zustand „Strahlblock“: Ein virtueller Beschleuniger gewünscht ohne Strahl.

EH-Strahlanforderung (OUT): Anforderung eines virtuellen Beschleunigers durch einen Messplatz in der Experimentierhalle.

Da die Leitungen zur Strahlanforderung gleichzeitig zum Abbruch eines laufenden Strahlpulses dienen und andererseits eine Anforderung bei eingefahrener Abschnittstasse (diese Information liegt zunächst nur in der Interlocksteuerung vor), möglich sein soll, sollte der Status der Anforderleitung in der Interlocksteuerung bearbeitet werden und von dieser an die Pulszentrale übermittelt werden.

18.5 Austausch Choppersteuerung – Interlocksteuerung

Die schnellen Signale werden in einer eigenen Hardware-Einheit, der Choppersteuerung, verarbeitet. Diese Choppersteuerung muss wiederum mit ihrer Steuer-SE, (der Interlocksteuerung) kommunizieren. Die dafür erforderlichen zyklusrelevanten Signale, die einmal pro 20 ms Zyklus auszutauschen sind, werden hier aufgeführt. Es handelt sich hier um interne Informationen des Gesamtsystems Choppersteuerung/Interlocksystem.

Die angegebene Datenrichtung ist aus Sicht der Interlocksteuerung (aus Sicht der Steuer-SE).

Chopperfreigabe (OUT): Aus Geräte-Interlockmeldungen (die wiederum maskierbar sind) und Strahlweg-Informationen leitet die Interlocksteuerung ab, ob die Chopper den Strahl freigeben sollen oder nicht. Die Freigabesignale sind in die Choppersteuerung zu schreiben.

Strahlwege (OUT): Was die Choppersteuerung so benötigt, um die schnellen Interlocks richtig zuzuordnen zu können.

Profilgitterfreigabe (OUT): Die Strahlleistungsmessung, die die Choppersteuerung verarbeitet, ist nur für eingefahrene Profilgitter von Bedeutung. Also benötigt die Choppersteuerung Informationen über eingefahrene Profilgitter.

EH-Strahlanforderung (IN): Zustand der Anforderungsleitungen der drei Experimentierhallen-Strahlzweige.

Interlockstatus (IN): Ob die Choppersteuerung den Strahl durchgelassen hat und wenn nicht, warum.

Informationen etwa:

- Interlock durch Strahlverlustüberwachung.
- Strahlabbruch durch Strahlleistungsüberwachung (zum Profulgitterschutz).
- Strahlabbruch durch EH-Experimentanforderung.

Alle Signale sind über den jeweiligen Strahlpuls zu speichern.

Lifetime-Pattern (IN): Die Interlocksteuerung erwartet von der Pulszentrale ein von Zyklus zu Zyklus wechselndes Lifetime-Pattern (2 Bit breites Pattern, das von der Pulszentrale in jedem Zyklus inkrementieren wird).

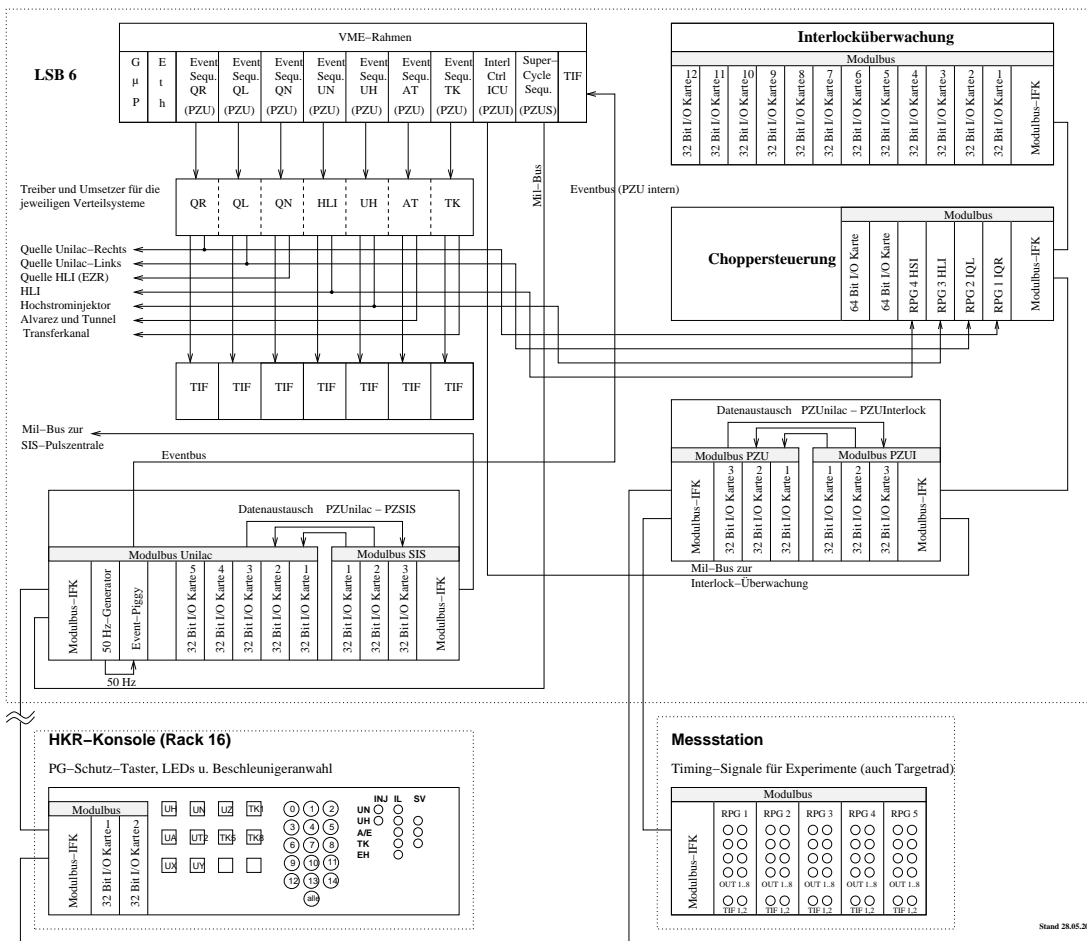
19 Die Schnittstellen der Unilac-Pulszentrale

Folgende Schnittstellen der Unilac-Pulszentrale sind über einen MIL-Bus mit Standard-Modulbus-Interfacekarten an der Superzyklus-Pulszentrale angeschlossen:

- Datenaustausch mit SIS-PZ
- Datenaustausch mit Interlocksystem und Choppersteuerung
- Eventbus (pulszentralen-intern)
- Rahmenpulsgeneratoren in der Messstation zur Versorgung der Experimente mit zyklussynchronen Triggersignalen

Die Eingangskanäle der Schnittstellen werden von der Superzyklus-Pulszentrale zu Beginn eines 20 ms Taktes einmal eingelesen und ausgewertet. Die Ausgangskanäle werden nach der Superzyklusberechnung versorgt.

Abbildung 19 auf Seite 43 zeigt schematisch die Schnittstellen der Unilac-Pulszentrale.



Stand 28.05.2003

Abbildung 3: Hardwareübersicht Schnittstellen der Unilac-Pulszentrale

19.1 Der 50 Hz-Generator

Der *50 Hz-Generator* (FX 202.021) liefert in Zusammenarbeit mit der *Trigger 50 Hz-Trafo-Karte* (FG 202.031) im ersten Nulldurchgang des Netz-Sinus ein *Master-Sync*-Signal. Der Abstand zum Nulldurchgang ist bis zu 1 ms und die Pulsbreite im Bereich $10 \mu s \dots 1 ms$ einstellbar. Der minimale Abstand zwischen 2 Trigger-Signalen beträgt 19.8 ms (siehe hierzu Abb. 23.1.3 auf Seite 60).

Der *50 Hz-Generator* sorgt hardwaremäßig dafür, daß die Pulszentralen immer mindestens 19.8 ms zur Ausführung eines Zyklus zur Verfügung haben. Trigger-Signale die zu früh kommen ($< 19.8 ms$) werden unterdrückt und ein ganzer Zyklus fällt aus. Solch extreme Netzschwankungen kommen nur sehr selten vor und werden (hardwaremäßig) in einem 8-Bit breiten Zähler mitgezählt. Der gespeicherte Zählerstand wird über LEDs angezeigt.

Genau 10 ms nach dem *Master-Sync* erzeugt der *50 Hz-Generator* ein *Slave-Sync*-Signal, welches zur Zeit nicht verwendet wird. An einem weiteren Ausgang werden *Master-Sync*- und *Slave-Sync*-Signal gemeinsam als *100 Hz-Sync*-Signal geliefert (derzeit ebenfalls ohne Bedeutung).

Abbildung 19.1 auf Seite 44 zeigt schematisch die Signale des 50 Hz-Generators.

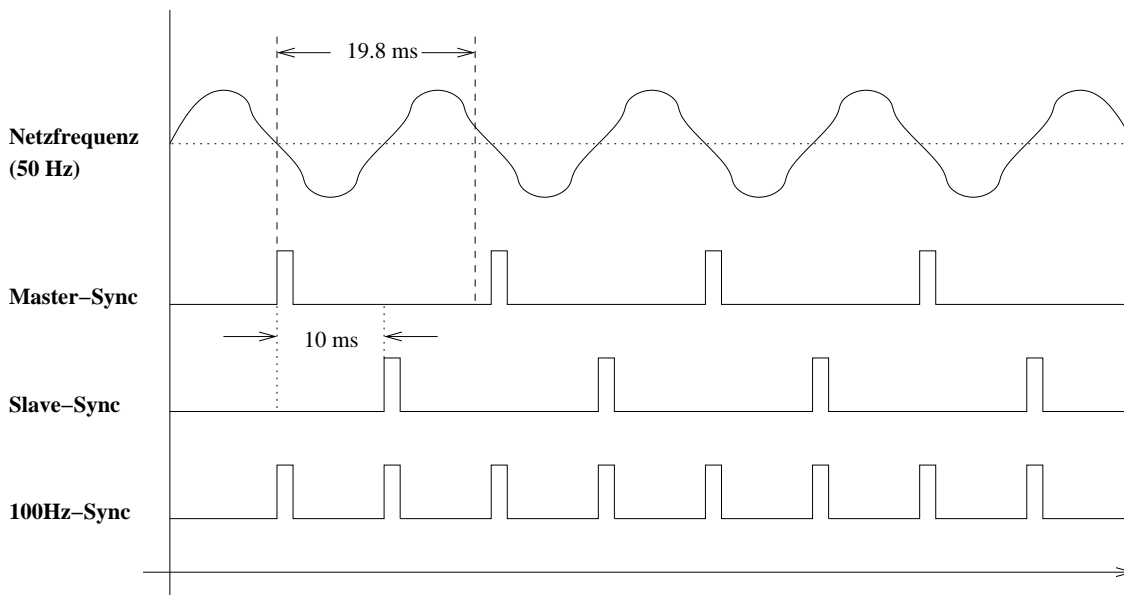


Abbildung 4: Signale des 50 Hz-Generators

19.2 Modulbuskomponenten der Unilac-Pulszentrale

Der Modulbus ist eine Weiterentwicklung des *alten GSI-Bus-Systems* und wurde ca. 1995 für den Umbau der Penning-Quellen entwickelt. Die Modulbuskomponenten werden über einen Adreßbus (13 Bit) selektiert und über einen Datenbus (16 Bit) gesteuert. Der Adreßbus ist folgendermaßen aufgeteilt:

Bit	Bedeutung
13 ... 15	–
8 ... 12	Modul-Adresse (5 Bit)
0 ... 7	Sub-Adresse (8 Bit)

D. h. über die *Modul-Adresse* wird die Modulbuskomponente ausgewählt und über die *Sub-Adresse* ein Register der Modulbuskomponente. Mit einem anschließenden Lesen bzw. Schreiben vom bzw. auf den *Datenbus* wird dann ein Datum (16 Bit) vom bzw. zum Register der Modulbuskomponente gelesen bzw. geschrieben. In den folgenden Beschreibungen der Modulbuskomponenten werden die *Sub-Adressen* der einzelnen Modulbuskomponenten in ihrer Bedeutung und Funktion erläutert. Einige Sub-Adressen sind von zentraler Bedeutung und stehen deshalb für alle Modulbuskomponenten gleichermaßen zur Verfügung:

Sub-Adresse (Hex)	Zugriff (write/read)	Bedeutung	
		Bit 8 ... 15	Bit 0 ... 7
<i>FE</i>	r	Modul-ID (Karte)	Modul-ID (Steckplatz)
<i>FC</i>	r	Modulskalierung	Modul-Adresse
<i>FA</i>	r	EPLD-ID (Karte)	frei (<i>FF</i>)

Diese *Standard-Sub-Adressen* werden zur Ermittlung und Überprüfung der Modulbus-Konfiguration (im Sinne der *Autokonfiguration*) verwendet.

Erläuterung der Begriffe:

Modul-ID Jede Modulbuskomponente hat eine eindeutige **ID**entifikationsnummer. Diese wird zentral im Labor BELAB vergeben und ist auf der Modulbuskomponente fest verdrahtet. Auf der VG-Leiste des Modulbus-Steckplatzes muß beim Aufbau eines Modulbus-Einschubs die gleiche ID verdrahtet werden. Einige Modulbuskomponenten haben auf der Frontplatte eine *ID-Led*, die anzeigt, ob die ID der Karte mit der ID des Steckplatzes Übereinstimmt.

Modulskalierung Einige Modulbuskomponenten sind sehr flexibel verwendbar. Deshalb wird über die *Modulskalierung* (fest verdrahtet auf der VG-Leiste des Steckplatzes) angezeigt, wie diese Komponente auf diesem Steckplatz verwendet werden kann (z. B. ob die I/O-Karte *input* oder *output* kann).

Modul-Adresse Jede Modulbuskomponente muß innerhalb eines Modulbus-Einschubs über eine eindeutige Modul-Adresse verfügen.

EPLD-ID Versionskennung des auf der Modulbuskomponente integrierten EPLD-Bausteins.

19.2.1 Funktionscodes der Modulbus-Interfacekarte

Die für die Kommunikation mit der Modulbus-Interfacekarte definierten Funktionscodes sind in der folgenden Tabelle aufgelistet. Als Modus ist angegeben, ob Daten von der Interfacekarte gelesen werden, ob Daten zu der Interfacekarte geschrieben werden, oder ob nur eine Funktion ausgeführt wird.

Da die Modulbus-Interfacekarte nur Treiberfunktion für den Modulbus hat, beschränken sich die verwendbaren Funktions-Codes auf die wenigen, die man zum Handling von Adreß- und Daten-Bus benötigt und einige Standard-Codes.

Funktionscode		Modus	Bedeutung
Name	hex		
ifb_reset	01	Funktion	Reset
ifb_data_bus_w	10	Schreiben	16 Bit Daten auf den Datenbus schreiben
ifb_adr_bus_w	11	Schreiben	8 Bit Daten auf den Adreßbus schreiben
ifb_data_bus_r	90	Lesen	16 Bit Daten vom Datenbus lesen
ifb_rdstat_int	C9	Lesen	Status der Interfacekarte lesen

19.2.2 I/O-Module der Unilac-Pulszentrale

Das 32-Bit-I/O-Modul (FG 450.361, *Modul-ID* 24_{hex}) stellt über den Modulbus folgende Funktionen zur Verfügung:

Sub-Adresse (Hex)	Zugriff (write/read)	Bedeutung
00	w/r	Datenregister Kanal 0 (16 Bit)
02	w/r	Datenregister Kanal 1 (16 Bit)
04	r	Output-Register Kanal 0 (nur bei Output-Skalierung)
06	r	Output-Register Kanal 1 (nur bei Output-Skalierung)
10	r	Status-Register Kanal 0
10	w	Interrupt-Maske-Register Kanal 0
12	w	Status-Register Kanal 1
12	w	Interrupt-Maske-Register Kanal 1
14	w	Summen-Status-Register (beide Kanäle)
16	w	Status-Register
18	w	Status-Register
20	w	interner Reset

Für eine detaillierte Beschreibung der Funktionalität der 32-Bit-I/O-Modulbuskarte sei hier auf die Hardware-Dokumentation des Labors BELAB hingewiesen.

19.2.3 Belegung der I/O-Module der Unilac-Pulszentrale

Die Unilac-Pulszentrale verfügt über I/O-Schnittstellen zu folgenden Komponenten:

1. SIS-Pulszentrale (3 I/O-Module: Informationen zum Strahlaustausch, Therapie-Informationen, ...)
2. Interlock-Überwachung und Choppersteuerung (3 I/O-Module: Anforderungsleitungen, Profiltitterschutz-Taster, Chopper-Status, ...)

Die Belegung der I/O-Module im Detail:

I/O-Modul	Zugriff	Bit	Bedeutung
Datenaustausch mit SIS-Pulszentrale			
1	input	0... 3	vom SIS angeforderte Beschl. Nr.
		4	Anforderung der TK-Vorbereitung
		5	Anforderung des Strahls
		6	Bestätigung der Ablehnung einer Anforderung
		7	Anforderung ohne Strahl (nur Timing)
		8... 15	nicht belegt
	input	16	Anforderung Therapie-Verriegelung
		17	Therapie-Status SIS-PZ enabled
		18	Gültigkeitsanzeige der Therapie-Daten
		19... 23	nicht belegt
		24... 31	Zyklusnummer
2	input	0... 3	Intensitätsstufe
		4... 7	Fokussierungsstufe
		8... 15	Energiestufe
	input	16... 31	MachineID
3	output	0... 3	nicht belegt
		4	Bestätigung der TK-Vorbereitung
		5	Bestätigung der Strahlanforderung
		6	Ablehnung einer Anforderung (Fehleranzeige)
		7	Therapie-Status UNI-PZ enabled
		8	Bestätigung Therapie-Vorbereitung ausgeführt
		9	Bestätigung der Gültigkeit der Therapie-Daten
		10	Bestätigung der MachineID-überprüfung
11... 31	nicht belegt		
Interlock-Überwachung			
Experimentierplatz-Umschaltung			
1	output	0	Strahlzielanwahl X1
		1	Strahlzielanwahl X2
		2	Strahlzielanwahl X3
		3	Strahlzielanwahl X4/5
		4	Strahlzielanwahl X6
		5	Strahlzielanwahl X7
		6	Strahlzielanwahl –
		7	Strahlzielanwahl X8
		8	Strahlzielanwahl –
		9	Strahlzielanwahl X0
		10	Strahlzielanwahl –
Forts. auf nächster Seite			

Forts. von letzter Seite

I/O-Modul	Zugriff	Bit	Bedeutung
		11	Strahlzielanwahl Z5
		12	Strahlzielanwahl Z6
		13	Strahlzielanwahl Y5
		14	Strahlzielanwahl Y7
		15	nicht belegt
Interlock-Überwachung und Strahlwegkodierung			
1	output	16... 17	Quell-Kodierung (HSI) 0: kein Strahl in HSI 1: HSI-Strahl aus Quelle-Rechts 2: HSI-Strahl aus Quelle-Links 3: unzulässiger Wert
		18... 19	Ziel-Kodierung (HLI) 0: kein Strahl in HLI 1: HLI-Strahl zum Alvarez 2: HLI-Strahl zur Materialforschung 3: unzulässiger Wert
		20... 23	Beschleunigernummer in Quelle-Rechts
		24... 27	Beschleunigernummer in Quelle-Links
		28... 31	Beschleunigernummer in Quelle-HLI
2	output	0... 1	LifeTime-counter
		2	Anforderung verkürzter Chopperpuls HLI
		3	Anforderung verkürzter Chopperpuls HSI
		4	Blockierung für HLI-Chopper
		5	Blockierung für HSI-Chopper
		6... 7	Quell-Kodierung (Alvarez) 0: kein Strahl in Alvarez 1: Alvarez-Strahl aus HSI 2: Alvarez-Strahl aus HLI 3: unzulässiger Wert
		8... 9	Ziel-Kodierung (Alvarez) 0: Alvarez-Strahl nach TK 1: Alvarez-Strahl nach UX 2: Alvarez-Strahl nach UY 3: Alvarez-Strahl nach UZ
		10... 15	nicht belegt
Experimentanforderung Unilac und Status Choppersteuerung			
2	input	16... 17	LifeTime-counter
		18	Strahlanforderung vom X-Zweig
		19	Strahlanforderung vom Y-Zweig
		20	Strahlanforderung vom Z-Zweig
		21	Blockierung H-Chopper (Status)
		22	Blockierung N-Chopper (Status)
		23	nicht belegt
		24	Strahlverlust-Überwachung UH_DT_V
		25	Strahlverlust-Überwachung UA_DT_V
		26	Strahlverlust-Überwachung TK_DT_V
		27	Strahlverlust-Überwachung TK8DT_V
		28	Profilhitterschutz-Überwachung UH4DT4P
Forts. auf nächster Seite			

Forts. von letzter Seite

I/O-Modul	Zugriff	Bit	Bedeutung
		29	Profilgitterschutz-Überwachung US4DT7P
		30	Profilgitterschutz-Überwachung TK4DT3P
		31	Profilgitterschutz-Überwachung TK8DT2P
Status der Profilgitterschutz-Taster (Konsole)			
3	input	0	Profilgitterschutz Abschnitt UH
		1	Profilgitterschutz Abschnitt UN
		2	Profilgitterschutz Abschnitt AT
		3	Profilgitterschutz Abschnitt UT2
		4	Profilgitterschutz Abschnitt UX
		5	Profilgitterschutz Abschnitt UY
		6	Profilgitterschutz Abschnitt UZ
		7	Profilgitterschutz Abschnitt TK1
		8	Profilgitterschutz Abschnitt TK3
		9	Profilgitterschutz Abschnitt TKD
		10	Profilgitterschutz Abschnitt TK4
		11	Profilgitterschutz Abschnitt UK8
		12	Profilgitterschutz Abschnitt UM
		13... 31	nicht belegt

19.2.4 Die Schnittstelle des Event-Piggy

Zur Einspeisung zeitgenauer Informationen in die Pulszentrale wurde im Labor BELAB ein spezielles *Event-Piggy* (FG 495 010) als Modulbus-Karte entwickelt.

Das Event-Piggy ermöglicht über den Standard-MIL-Bus, an dem auch andere Interfacekarten angeschlossen sein können, den Eventbus des Pulszentralen-VME-Rahmens mit Events zu versorgen (s. Abb. 19 auf Seite 43).

Zur Synchronisierung der Pulszentrale mit externen Ereignissen (z. B. 50 Hz-Trigger) können bis zu 12 externe Trigger (TTL-Pegel) eingespeist werden. Für jeden Trigger kann in einem RAM ein Eventcode definiert werden, der bei Auftreten des Triggerpulses auf dem Eventbus erzeugt wird. Die 12 Eingänge können einzeln und gemeinsam enabled oder disabled werden.

Derzeit sind nur 2 Triggereingänge belegt und zwar mit dem *Master-Sync*-Signal (siehe S. 44) des 50 Hz-Generators. Am Triggereingang 1 wird mit dem High-Pegel ein Event *EVT_50Hz_Synch* (33) und am Triggereingang 2 mit dem Low-Pegel des *Master-Sync*-Signals ein Event *EVT_Command* (255) generiert. Der Abstand zwischen beiden Events wird durch die Pulsbreite des *Master-Sync*-Signals bestimmt (derzeit $100\mu s$).

Mit dem *EVT_50Hz_Synch* wird in der Superzyklus-Pulszentrale die Superzyklus-Berechnung, in den Zyklus-Pulszentralen der nächste Beschleuniger und in der Interlocküberwachung die Versorgung der Choppersteuerung getriggert.

Das Event-Piggy (FG 450.350, *Modul-ID* 23_{hex} und *Modul-Adresse* 11_{hex}) stellt über den Modulbus folgende Funktionen zur Verfügung:

Sub-Adresse (Hex)	Zugriff (write/read)	Bedeutung
02	w	Eventcode direkt auf Eventbus senden
02	r	zuletzt gesendeten Eventcode lesen
04	w/r	Maskenregister (enable/disable) der Triggereingänge
Forts. auf nächster Seite		

Forts. von letzter Seite

Sub-Adresse (Hex)	Zugriff (write/read)	Bedeutung
06	w/r	Polaritätsregister der Triggereingänge
08	w	Enable aller (im Maskenregister gesetzten) Triggereingänge
0A	w	Disable aller Triggereingänge
0C	w	internal Reset
0E	r	Statusregister
10	w	Timeout-Wert (in ms)
42	w/r	Eventcode Triggereingang 1
44	w/r	Eventcode Triggereingang 2
46	w/r	Eventcode Triggereingang 3
48	w/r	Eventcode Triggereingang 4
4A	w/r	Eventcode Triggereingang 5
4C	w/r	Eventcode Triggereingang 6
4E	w/r	Eventcode Triggereingang 7
50	w/r	Eventcode Triggereingang 8
52	w/r	Eventcode Triggereingang 9
54	w/r	Eventcode Triggereingang 10
56	w/r	Eventcode Triggereingang 11
58	w/r	Eventcode Triggereingang 12
5A	w/r	Timeout-Eventcode

19.3 Die Schnittstelle zu Interlocksystem und Choppersteuerung

In diesem Einschub werden die Komponenteninterlocks erfasst und (vorverarbeitet) dargestellt. Ferner sind die Behandlung der Abschnittstassen und der EH-Strahlwegumschaltung enthalten.

- Alle Signale werden über Modulbus I/O-Karten eingelesen bzw. ausgegeben.

19.3.1 Geräteinterlocks

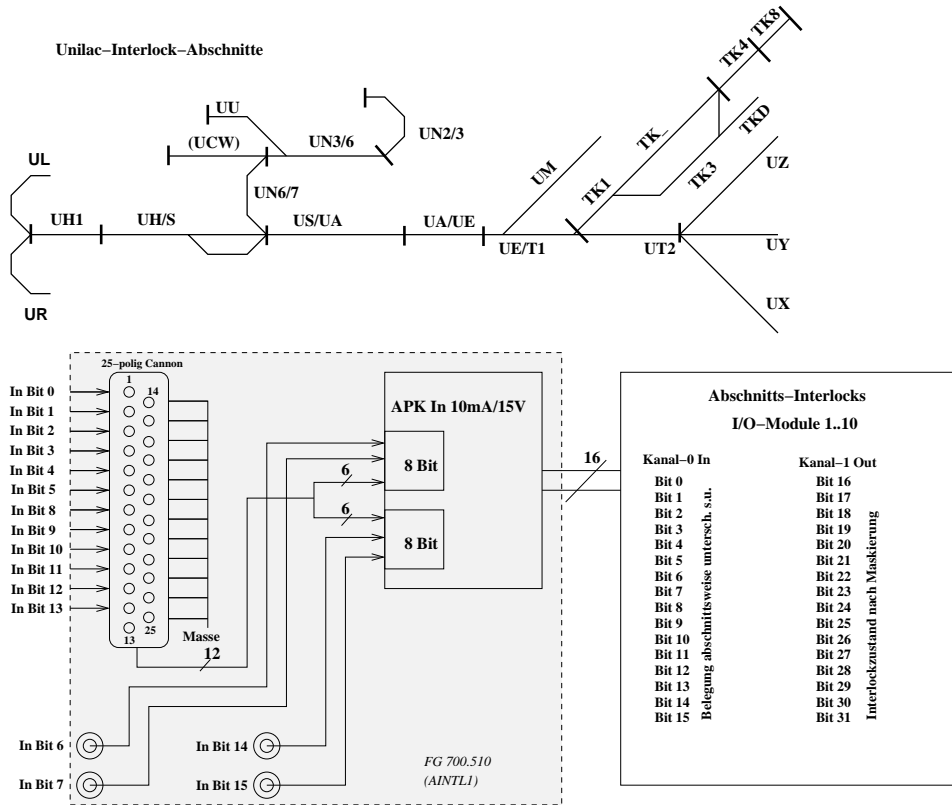
- Bei jeder I/O-Karte wird ein 16-Bit Word für Eingabe und ein 16-Bit Wort für Ausgabe verwendet.
- Die Interlockmeldungen werden abschnittsweise eingelesen. Pro Interlockabschnitt können 8 Signale (8 Bit) eingelesen werden.
- Pro I/O-Karte (16-Bit Input) werden die Signale von 2 Interlockabschnitte (mit je 8 Bit) eingelesen.
- Die eingelesenen Signale können in der Interlocksteuerung (also per Software) bitweise maskiert werden.

Das bedeutet: Ausmaskierte Signale sind nicht wirksam, das heisst, sie lösen keine Abschaltung/Austastung des Strahles aus.

- Das zweite 16-Bit Wort (Ausgabe) auf jeder I/O-Karte wird zur Anzeige des resultierenden Interlockzustandes verwendet. Dabei wird (mit der gleichen Bitbelegung wie die Eingänge) bitweise der maskierte Interlockzustand angezeigt.

Das bedeutet: Ein ausmaskiertes Interlocksignal wird (an dieser Stelle) nicht angezeigt. Damit wird verdeutlicht, dass dieses ausmaskierte Signal nicht zu einer Strahlabschaltung führt.

- Für jeden Interlockabschnitt (mit max. 8 Einzelsignalen) wird jeweils angezeigt:
 - Angelifertes Interlocksignal (aktueller Zustand des Eingangs)
 - Maskiertes Interlocksignal (generiert von der Interlock-Software)
- Es sind Eingänge (zu 8 Bit) für 26 Interlockabschnitte verfügbar (13 I/O-Karten).



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
In Bit 1	UR_VV	UH1VV		UN3VV	US4VV	UAUVV	UT1VV	UX_VV	UZ_VV	TK1VV	TK3VV	TK4-7VV	UMAVV
In Bit 2	UR_MQ	UH1MQ	UN2MQ	UN3Q	US4MQ	UAUQ	UT1Q	UX_MU	UZ_MU	TK1MU	TK3MU	TK4MU	UMAMU
In Bit 3			UN2EZR	UN5K	US_Q	UAUQ	UT1Q	UX_QD	UZ_QD	TK1Q	TK3Q	TK4Q	UMAQD
In Bit 4	UR_MS	UH1MS	UN3K	UN3B	US4MS	UAUMS	UT1MS	UX_MS	UZ_MS	TK1MS	TK3MS	TK4MS	UMAMS
In Bit 5					UA_BA	UAUMS	UT1MS				TK3DB2		UM1
In Bit 6		UH2BC1L	UN3BC1L		UA_BB	UAUMS	UT1MS				TK3UF1		UM2
In Bit 7					US4DE7	UAUMS	UT1MS					TK4BB	UM3
In Bit 8				UN3D			UX_D	UZ_D	TK_D				UM_D
In Bit 9	UL_VV	UH_VV	UN6VV2	UN6VV	UAUVV	UAUVV	UT2VV	UY_VV		TK-	TKD	TK8/9	
In Bit 10	UL_MQ	US_MQ	UU_MQ	UN6MU	UA_Q1	UAUVV	UT2M			TK_MU	TKDMV_0	TK8VV	
In Bit 11		UH_QT		UN6Q	UA_Q2	UAUVV		UY_MQ			TKDQ	TK8Q	
In Bit 12	UL_MS	UH_MS		UN6BB	UA_Q3	UAUVV		UY_MS			TKDMS	TK8MS	
In Bit 13		UH_B			UA_Q4	UAUVV							
In Bit 14			UCW		UA_Q5	UAUVV							
In Bit 15												TK8VVIS	
In Bit 16		US_D	UN6D		UAUVV	UAUVV	UT_D	UY_D					

Stand 15.06.2012 (V2.4)

Abbildung 5: Anschluß der Unilac-Interlock-Abschnitte

19.3.2 Abschnittstassen und EH-Strahlwege

- Eine I/O-Karte wird für die Signale der Abschnittstassen verwendet.
- Ein 16-Bit Wort Input dient zum Einlesen der aktuellen Stellung der Abschnittstassen. Pro Abschnittstasse wird ein Bit verwendet.
- Ein 16-Bit Wort Output dient zum Ansteuern der Abschnittstassen. Pro angesteuerter Abschnittstasse wird ein Bit verwendet.
- Einzulesen ist die Stellung aller Abschnittstassen.
Aber nur ein Teil der Abschnittstassen muss auch vom Interlocksystem gefahren werden. Deshalb sind nur ein Teil der Abschnittstassen auch an die Ansteuerung angeschlossen.
- Für die Anwahl der Experimentierhallen-Strahlwege wird ein 16-Bit Wort (Ausgabe) verwendet. Darin sind die aktuell benutzten Strahlwege in der Experimentierhalle kodiert.

Interlock-Abschnitts-Tassen:

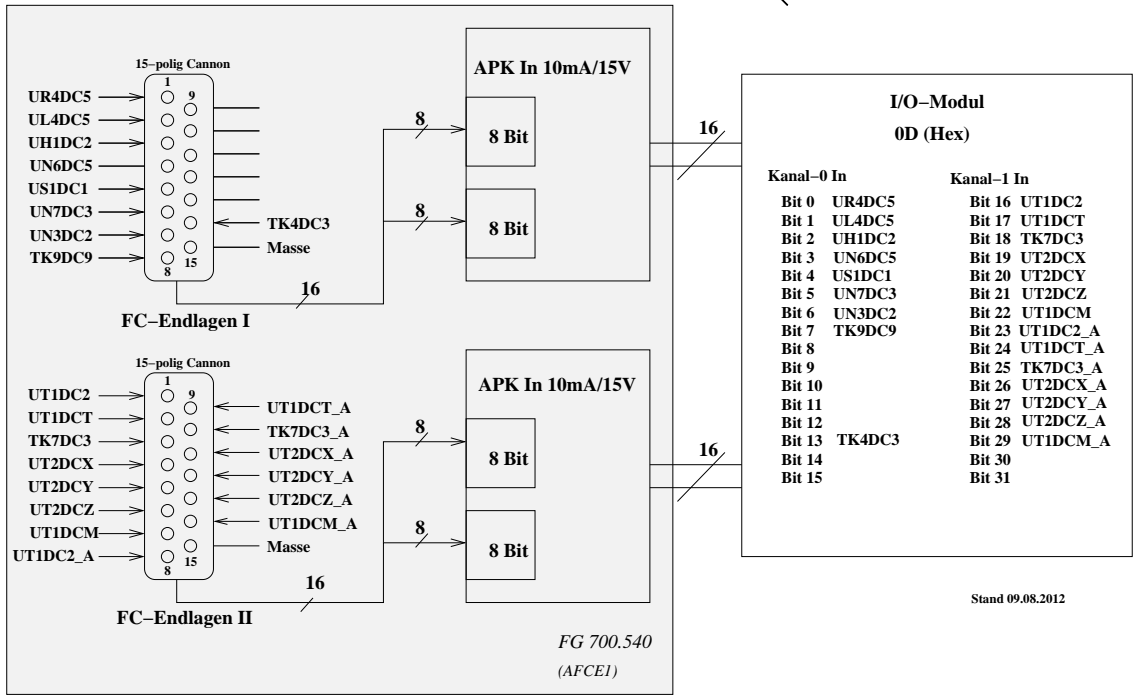
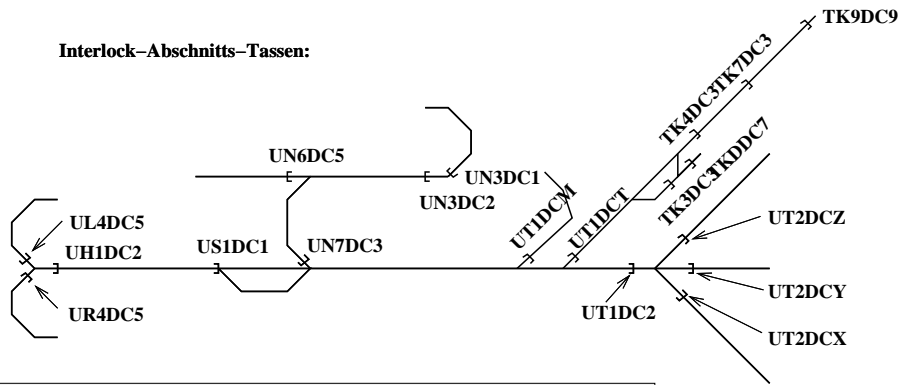


Abbildung 6: Anschluß der Interlock-Abschnitts-Tassen

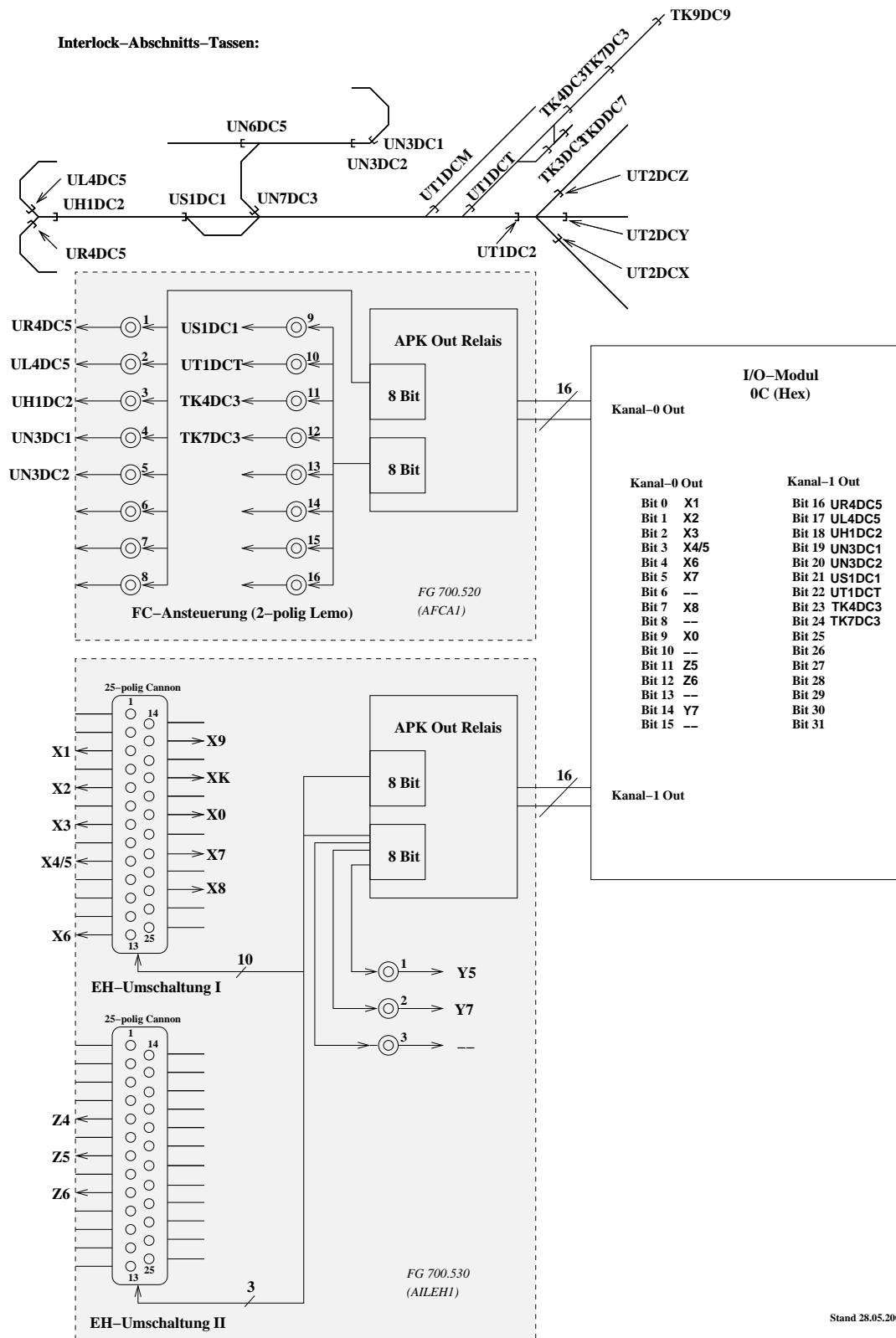


Abbildung 7: Anschluß der Abschnitts-Tassen-Steuerung und der Experimentierplatz-Umschaltung

19.3.3 Die Schnittstelle zur Choppersteuerung

Im Logikmodul (64-Bit-I/O) der Choppersteuerung werden die Gatesignale für die Chopper und Strahlüberwachung generiert. Dazu werden die – über Gatepulsgeneratoren (GPGEN) – bereitgestellten Gatesignale anhand der vorhandenen Strahlweginformationen (interne Register, die von der Pulszentrale über die Interlocksteuerung versorgt werden) ausgewertet und unter Berücksichtigung der Rückmeldungen aus dem Prozeß (Strahlverlustüberwachung, ...) auf die Ausgangsleitungen gegeben.

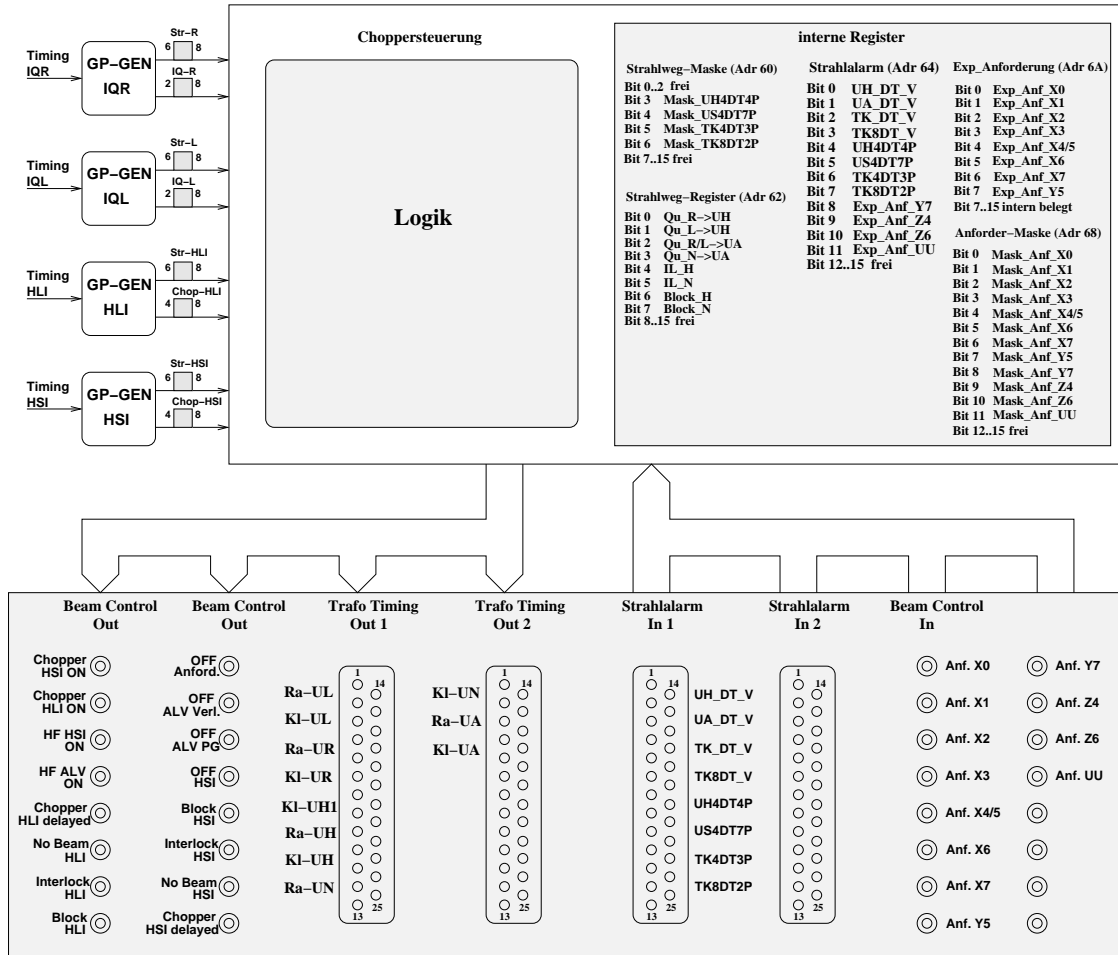


Abbildung 8: Anschluß der Choppersteuerung

20 Rahmenpulsgeneratoren in der Messstation

Abbildung 20 auf Seite 56 zeigt schematisch die Signale der Rahmenpulsgeneratoren in der Messstation, die den Experimenten als Trigger zur Verfügung stehen.

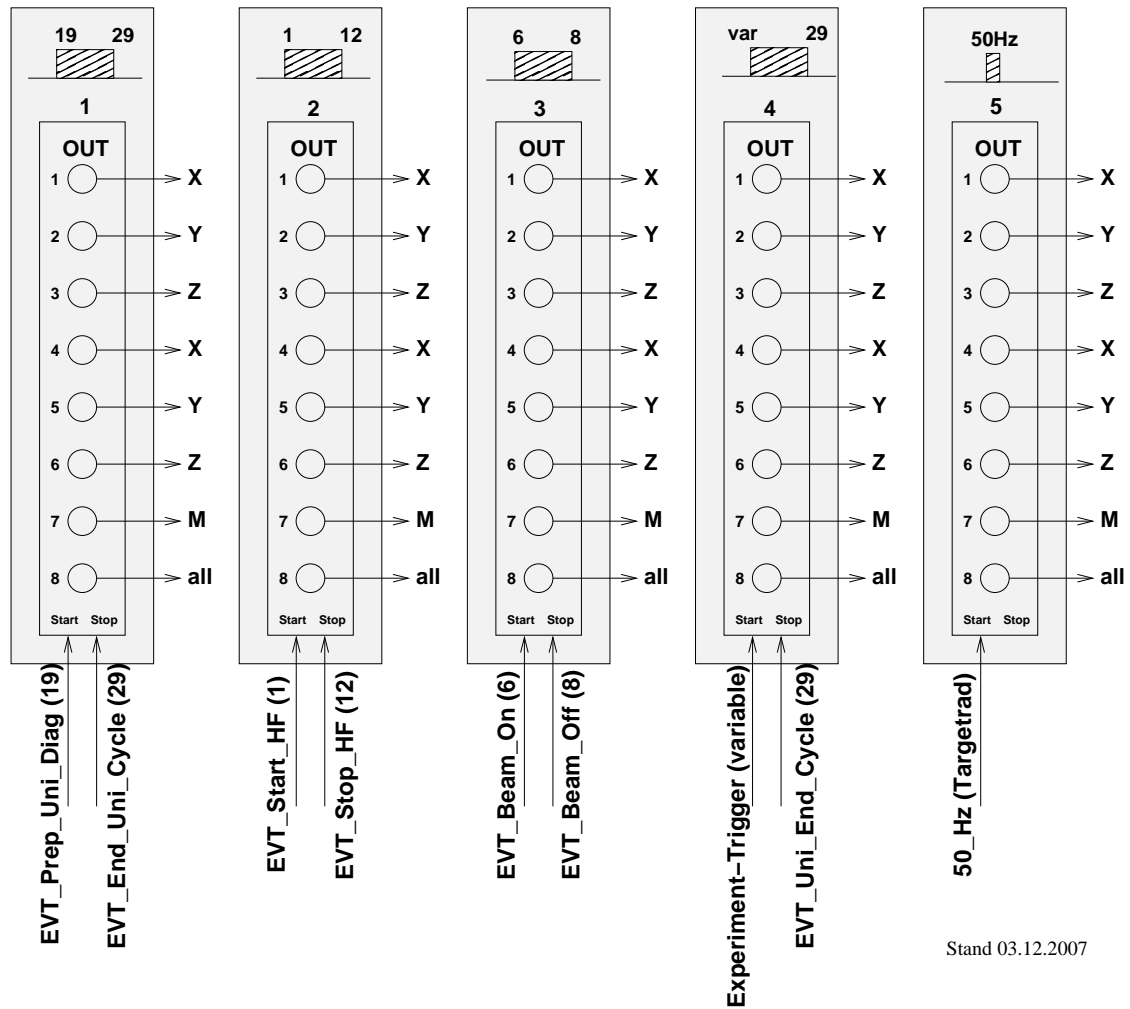


Abbildung 9: Signale der Rahmenpulsgeneratoren in der Messstation (Vorderansicht)

21 Konfigurationsabfrage

Ein logisches Gerät ist ansprechbar und damit im Kontrollsystem vorhanden, wenn von der Interfacekarte mit dem Funktionscode $C0_{hex}$ (ifb_rdstat) ein Status gelesen werden kann.

Zur Gewährleistung eines einwandfreien Betriebs der Pulszentrale müssen jedoch zusätzlich folgende Bedingungen erfüllt sein:

1. Für alle Modulbuskomponenten der Pulszentrale, die vom Programm aus erwartet (und damit benötigt) werden, wird überprüft, ob die *Modul-ID* der Komponente mit der *Modul-ID* des Steckplatzes übereinstimmt.
2. Die Modulskalierung aller Komponenten muß korrekt gelesen werden können.
3. Die *EPLD-ID* wird derzeit noch nicht ausgewertet.

Ist eine dieser Bedingungen *nicht* erfüllt, geht die Pulszentrale in den *Interlock*-Zustand und kann nur durch **Reset** oder **Init** wieder in Gang gesetzt werden.

Im Detail wird folgende Konfiguration am Modulbus erwartet:

Modul-Adresse (Hex)	-ID (Hex)	-Skalierung (Hex)	Beschreibung
01	24	DF01	32-Bit-I/O (Datenaustausch mit SIS-Pulszentrale)
02	24	DF02	32-Bit-I/O (Datenaustausch mit SIS-Pulszentrale)
03	24	1F03	32-Bit-I/O (Datenaustausch mit SIS-Pulszentrale)
04	24	BF04	32-Bit-I/O (lokales I/O)
05	24	-	32-Bit-I/O (derzeit nicht belegt)
11	23	-	Event-Piggy
01	24	1F01	32-Bit-I/O (Datenaustausch mit Interlock-Überwachung)
02	24	1F02	32-Bit-I/O (Datenaustausch mit Interlock-Überwachung)
03	24	DF03	32-Bit-I/O (Datenaustausch mit Interlock-Überwachung)
01	25	-	Rahmenpulsgenerator (Messstation)
02	25	-	Rahmenpulsgenerator (Messstation)
03	25	-	Rahmenpulsgenerator (Messstation)
04	25	-	Rahmenpulsgenerator (Messstation)
05	25	-	Rahmenpulsgenerator (Messstation)

22 Die Kommunikation zwischen der Superzyklus- und den Zyklus-Pulszentralen

Alle SEs der Pulszentrale sind *Slaves* am VME-Bus, d. h. sie haben keinen Zugriff auf den VME-Bus, können also nicht direkt untereinander Daten austauschen. Das einzige gemeinsame Medium zwischen den SEs ist der interne *Eventbus*. Die Superzyklus-Pulszentrale kann also nur über den internen Eventbus Informationen an die Zyklus-Pulszentralen übermitteln. Für diesen Kommunikationsweg wurde das *Event-Piggy* entwickelt (siehe Abschnitt 19.2.4).

22.1 Austausch von Systemevents

Von der Superzyklus-Pulszentrale zu den Zyklus-Pulszentralen werden nach jedem 50 Hz-Trigger 3 Zeit-Events mit der Zykluszeit gesendet.

Da die Zeit-Events (`EVT_Time_1...EVT_Time_3` (209... 211) und `EVT_UTC_1...EVT_UTC_5` (224... 228)) zu den Systemevents (200... 255) gehören, die von der Systemsoftware der SEs (ECM) intern ausgewertet werden und eine Konnektierung an diese Events für Gerätesoftware nicht zulässig ist, schickt die Superzyklus-Pulszentrale diese Events mit einem konstanten Offset (-100) an die Zyklus-Pulszentralen. Diese ziehen vor dem Versenden der Events den Offset wieder ab.

Das gleiche Verfahren wird auch für die Übermittlung der Daten-Events (`EVT_Data_Start ... EVT_Data_7` (200... 208)), mit denen für den Therapiebetrieb die ECCs (**E**vent **C**onnecte**C**ommands) übermittelt werden, verwendet. Da ein ECC aus mehreren Events besteht, die Zyklus-Pulszentralen aber nur wenig Zeit zum Weiterreichen und Interpretieren der ECCs haben, wird die Versendung eines ECC auf mehrere Zyklen aufgeteilt (in jedem Zyklus wird nur 1 Event des ECCs versendet).

22.2 Austausch von Zyklusinformationen

Während der Superzyklusberechnung schickt die Superzyklus-Pulszentrale an jede Zyklus-Pulszentrale bis zu 2 Events, in denen kodiert ist, welche Beschleuniger im nächsten Zyklus in welcher Weise auszuführen sind.

Das erste Event beinhaltet alle Informationen zum Beschleuniger, der zu Beginn des nächsten 20 ms Taktes auszuführen ist. Das zweite Event gibt an, ob nach Ausführung des o. g. Beschleunigers noch ein *Service-Event* (siehe Abschnitt 3.4) verschickt werden soll.

Die Kodierung der Zyklusinformationen ist wie folgt:

Bit	Wert	Bedeutung
0... 7	1... 8	Nummer der Zyklus-Pulszentrale
8... 11	0... 15	Nummer des virtuellen Beschleunigers
Bedeutung der Bits 12... 15, wenn Bit 15 = 0 ist		
12	0... 1	auszuführende Kanalnummer des Beschleunigers
13... 14	0	Beschleuniger läuft mit normalem Chopperpuls
	1	Beschleuniger läuft ohne Chopperpuls
	2	Beschleuniger läuft mit verkürztem Chopperpuls
Bedeutung der Bits 12... 15, wenn Bit 15 = 1 ist		
12... 15	14	Vorbereitungsevent für den Beschleuniger schicken
	15	<i>Magnete auf Sollwert = 0</i> -Event (34) schicken

23 Die Software der Unilac-Pulszentrale

23.1 Berechnung der Eventfolgen und Eventabstände

23.1.1 Abhängigkeiten

Bei der Einstellung der Beschleunigerparameter oder der Quellenparameter können verschiedene Konflikte auftreten. z. B.:

- Das Beschleunigertiming (Strahlpulslänge und Strahlpulsvorlauf) ist mit dem Quellentiming (Quellenpulslänge) nicht vereinbar.
- Der Beschleuniger wird *anforderbar* (siehe Property ACCMODE) gesetzt, aber das eingestellte Strahlziel kann nicht anfordern (weil es z. B. ein *Zwischenziel* ist).

Die Pulszentrale sorgt selbständig dafür, daß ein Beschleuniger nur dann ausgeführt wird, wenn keine Konflikte bei den Einstellungen bestehen. Dazu verwaltet die Pulszentrale einen *Ausführbarkeits-Status*, in dem für jeden möglichen Konflikt ein Bit vorgesehen ist:

Bit	Bezeichnung	Bedeutung
0	executable	Beschleuniger ist ausführbar (Summenmeldung: nur 1 wenn alle anderen Bits auch 1 sind)
1	IQTiming_ok	Quellentiming ist ok
2	RequMode_ok	Request-Mode richtig eingestellt
3	IQNr_ok	Strahlwegkey enthält gültige Quelle
4	Target_ok	Strahlwegkey enthält gültiges Strahlziel
5	Key_ok	Strahlwegkey ist ok
6	TKSequ_ok	Wiederholrate für TK-Puls ist ok
7	TKLength_ok	Strahlpulslänge für TK-Puls ist ok
8	HWConfig_ok	alle nötigen Zyklus-Pulszentralen sind <i>online</i>
9	EventSend_ok	kein Fehler bei Event-übertragung an Zyklus-Pulszentralen
10	Target_MUX_ok	Experimentierplatz-Anwahl ist ok
11	—	nicht belegt
12...15	acc_block_ok	Beschleuniger nicht blockiert (per Software)
16	—	nicht belegt
⋮		⋮
31	—	nicht belegt

Nur wenn *kein* Konflikt vorliegt (also alle Bits 1 sind), ist der Beschleuniger ausführbar.

23.1.2 Superzyklus-/Zyklus-Pulszentralen

Da das Gerät *Unilac-Pulszentrale* aus einem ganzen VME-Rahmen besteht (siehe Abschnitt 17 auf Seite 39) muß bei der Berechnung der Eventfolgen und Eventabstände dafür gesorgt werden, daß alle beteiligten Teilkomponenten (8 Zyklus-Pulszentralen und die Superzyklus-Pulszentrale) zu jedem Zeitpunkt mit konsistenten Datensätzen arbeiten. Wird z. B. die *Pulslänge* eines virtuellen Beschleunigers geändert und damit auch die Eventabstände neu berechnet, so ist dafür Sorge zu tragen, daß die neu berechneten Eventfolgen in allen SEs *gleichzeitig* (also synchronisiert) gültig werden. Mit den im Kontrollsystem üblichen *Wechselpuffer*-Mechanismen allein kann diese Forderung nicht erfüllt werden. In den USRs der *Unilac=Pulszentrale* wird deshalb folgender Mechanismus zur Datensynchronisierung angewendet:

1. Berechnung der Eventfolgen und Eventabstände (in den USRs am G μ P).

- Übertragung der Daten per `Write_Command` zu allen Zyklus-Pulszentralen (die Zyklus-Pulszentralen übernehmen die Daten in den Wechsellpuffer ohne diesen zu aktivieren).
- Synchrone Übernahme der neuen Daten in allen Zyklus-Pulszentralen per `Synch-Event` (32), welches über die Superzyklus-Pulszentrale versendet wird (die Zyklus-Pulszentralen schalten dabei einfach den Wechsellpuffer um).

23.1.3 Grundlage aller Berechnungen (50 Hz)

Bei der Berechnung der Eventfolgen und Eventabstände wird davon ausgegangen, daß im 50 Hz-Takt pro Zyklus 20 ms zur Verfügung stehen. Da die Netzfrequenz aber nicht konstant ist, können nur maximal 19.8ms tatsächlich genutzt werden. Abb. 23.1.3 auf Seite 60 zeigt die minimalen (19.878 ms) und maximalen (20.070 ms) Abstände zwischen zwei *50 Hz-Triggern*, die während 24 Stunden am Ausgang des 50 Hz-Generators gemessen wurden. Siehe hierzu auch Abschnitt 19.1 auf Seite 44.

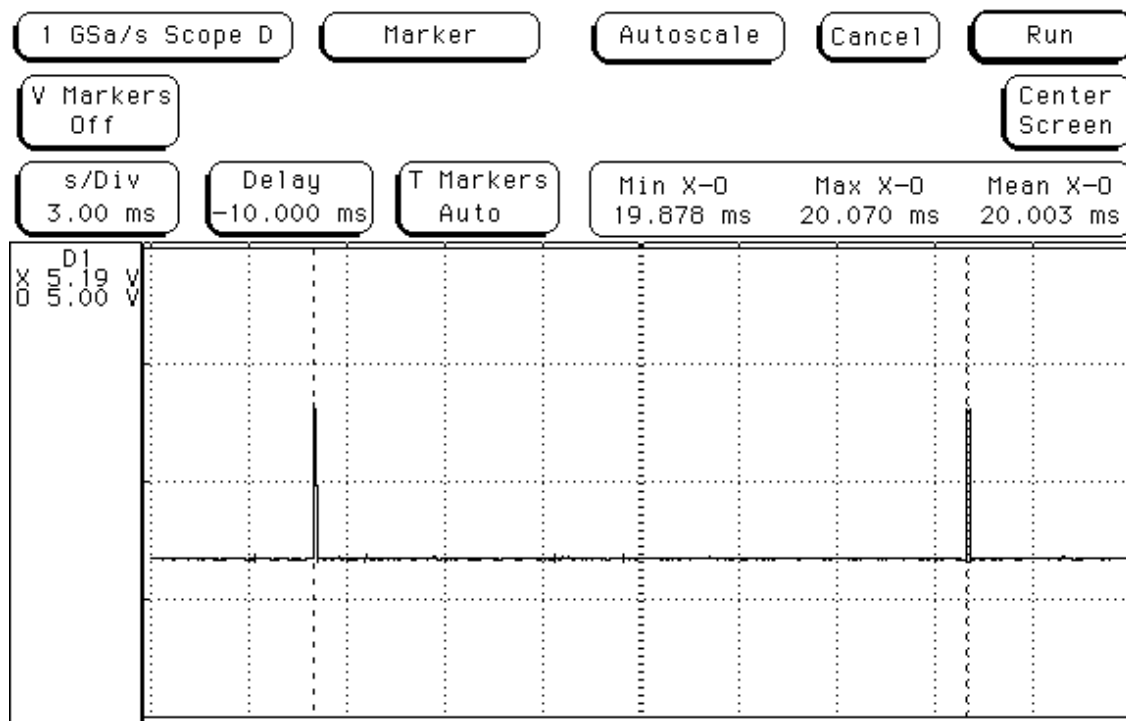


Abbildung 10: Reguläre Schwankungsbreite zwischen zwei 50 Hz-Triggern

23.1.4 Berechnung des Timings (Quellen und Beschleuniger)

Die verschiedenen Quellen-Typen stellen an das Timing unterschiedliche Anforderungen mit unterschiedlichen Grenzwerten. Abbildung 23.1.4 auf Seite 61 soll die Unterschiede verdeutlichen.

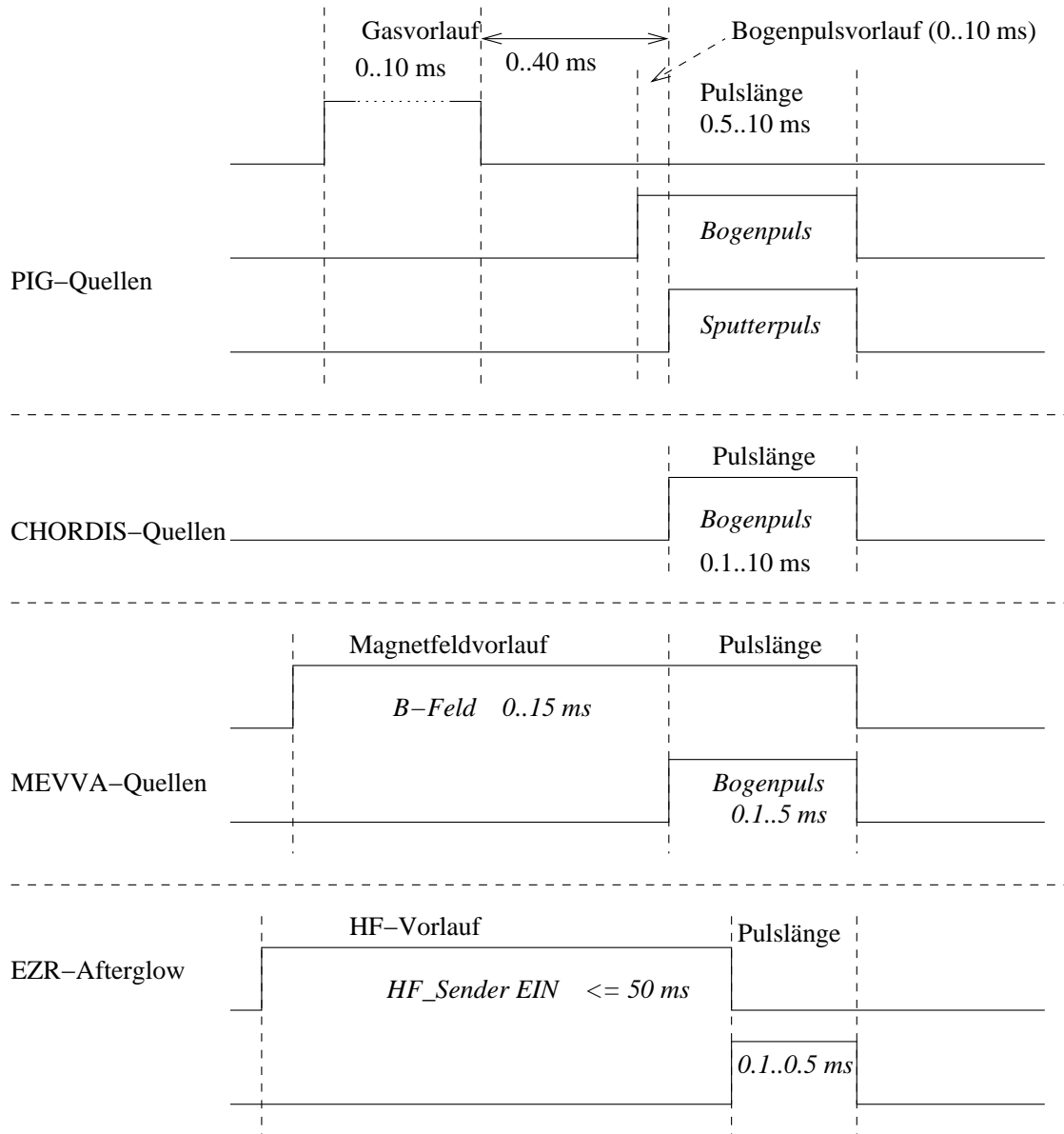


Abbildung 11: Übersicht zu den Timinganforderungen der verschiedenen Quellentypen

Abbildung 23.1.4 auf Seite 64 soll (im oberen Teil der Grafik) veranschaulichen, wie die Eventabstände im Timing einer Penning-Quelle von den eingestellten Werten (Pulslänge und Vorlauf Bogenpuls) abhängen.

Aus der Abbildung kann folgendes abgelesen werden:

EVT_Prep_Next_Acc (16):

Wird unmittelbar zu Beginn eines Zyklus versendet.

EVT_Command (255):

Kommt genau $30\mu s$ nach `EVT_Prep_Next_Acc`.

EVT_Prep_Exp (22):

Kommt genau $3.5ms$ nach `EVT_Prep_Next_Acc`. Das einstellbare Experimentdelay startet hiermit.

EVT_Uni_End_Cycle (29):

Kommt genau $500\mu s$ vor Ende der garantierten Zykluslänge ($19.80ms$).

EVT_Beam_off (8):

Kommt genau um $60\mu s$ vor `EVT_Uni_End_Cycle`.

EVT_Stop_IQ (10):

Kommt um eine vom Quellenort abhängige Vorlaufzeit vor `EVT_Beam_on` und kompensiert die Signalverzögerung, die innerhalb der Quellensteuerung zur Übertragung des Quellentriggerpulses zum Quellenterminal entstehen.

Quelle	Quellentyp	Vorlaufzeit
Quelle-Rechts	Penning	$40\mu s$
Quelle-Links	Chordis, Mucis, Mevva	$120\mu s$
Quelle-HLI	EZR	$40\mu s$

EVT_Beam_on (6):

Kommt genau um Quellenpulslänge früher als `EVT_Beam_off`.

EVT_Start_IQ (2):

Kommt um die vom Quellenort abhängige Vorlaufzeit vor `EVT_Beam_on` (siehe `EVT_Stop_IQ`).

EVT_IQ_Heating (3):

Kommt genau $30\mu s$ oder um die Bogenvorlaufzeit vor `EVT_Start_IQ` (wenn es sich um Penning-Quelle mit Bogenpulsvorlauf handelt).

EVT_Prep_Uni_Diag (19):

Kommt genau $3500\mu s$ vor `EVT_Beam_on`, falls es dort mit `EVT_IQ_Heating` kollidiert dann kommt es genau $30\mu s$ vor `EVT_IQ_Heating`.

Im unteren Teil der Grafik soll veranschaulicht werden, wie die Eventabstände im Timing eines Betriebsbeschleunigers von den angegebenen Werten (Strahlpulslänge, Strahlpulsverzögerung und Strahlpulsvorlauf) dieses Beschleunigers und den eingestellten Quellenparametern (Pulslänge und Vorlauf Bogenpuls) abhängen.

EVT_Prep_Next_Acc (16):

Wird unmittelbar zu Beginn eines Zyklus versendet.

EVT_Command (255):

Kommt genau $30\mu s$ nach `EVT_Prep_Next_Acc`.

EVT_Uni_End_Cycle (29):

Kommt genau $500\mu s$ vor Ende der garantierten Zykluslänge (19.80 ms).

EVT_Prep_Aux (20):

Kommt genau $150\mu s$ vor Beginn des Chopperpulses.

EVT_Prep_Beam_on (4):

Kommt genau $50\mu s$ vor EVT_Beam_on (der eigentliche Chopperpuls beginnt wiederum genau $50\mu s$ später).

EVT_Beam_on (6):

Kommt um den eingestellten *Strahlpulsvorlauf* und die *Strahlpulsverzögerung* (HF) versetzt nach Beginn des Quellenpulses.

EVT_Beam_off (8):

Kommt um die eingestellte *Strahlpulslänge* $+40\mu s$ versetzt nach EVT_Beam_on.

EVT_Pretrig_Beam (28):

Kommt entweder $400\mu s$ vor EVT_End_Cycle oder (bei kurzen Strahlpulsen) $200\mu s$ vor dem Ende des *Strahlpulsvorlauf*.

EVT_Prep_Uni_Diag (19):

Kommt genau $3500\mu s$ vor EVT_PreTrig_Beam.

EVT_Start_RF (1):

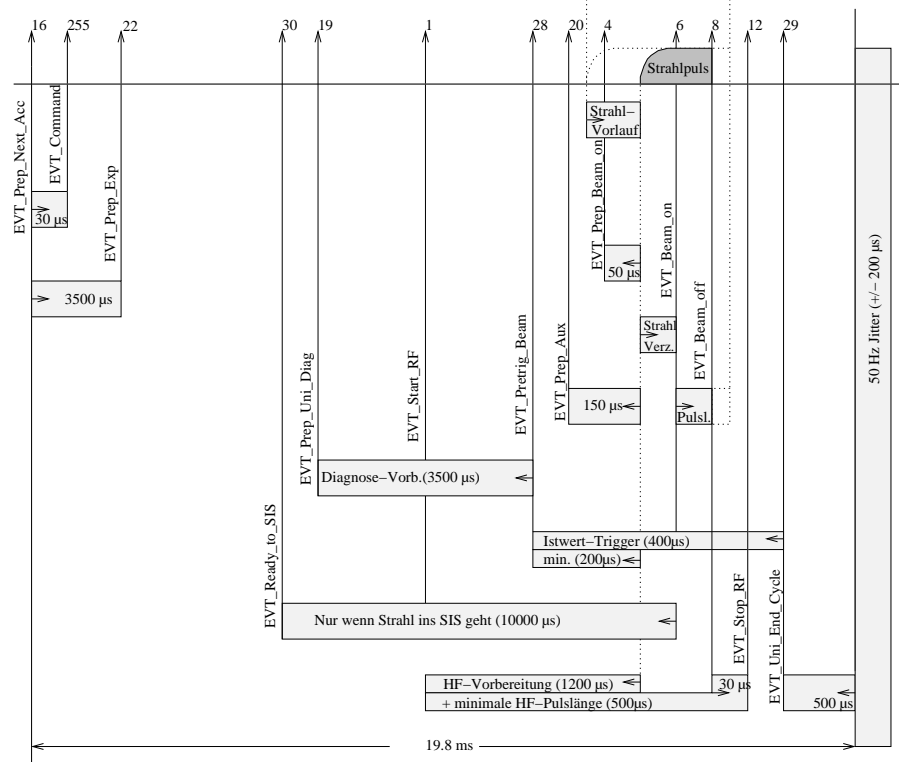
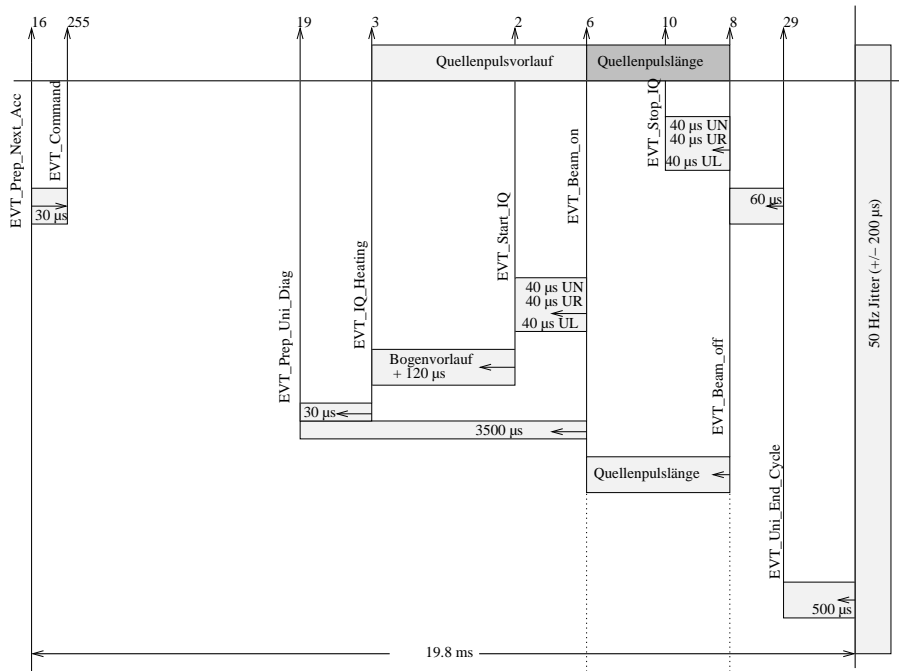
Kommt entweder genau $1200\mu s$ vor dem Ende des *Strahlpulsvorlauf* oder spätestens $1700\mu s$ vor EVT_Stop_RF.

EVT_Stop_RF (12):

Kommt genau $30\mu s$ nach EVT_Beam_off.

EVT_Ready_to_SIS (30):

Falls der Strahl das Ziel **TKU** oder **TKG** hat, wird im **AT**-Timing-Abschnitt genau $10 ms$ vor EVT_Beam_on das Event EVT_Ready_to_SIS gesendet.



Stand: 17-Feb-2011

Abbildung 12: Abhängigkeiten bei der Eventberechnung

Abbildung 23.1.4 auf Seite 65 zeigt für eine beispielhafte Einstellung, welche Eventabstände im Timing einer Penning-Quelle und im Timing **AT** tatsächlich berechnet werden.

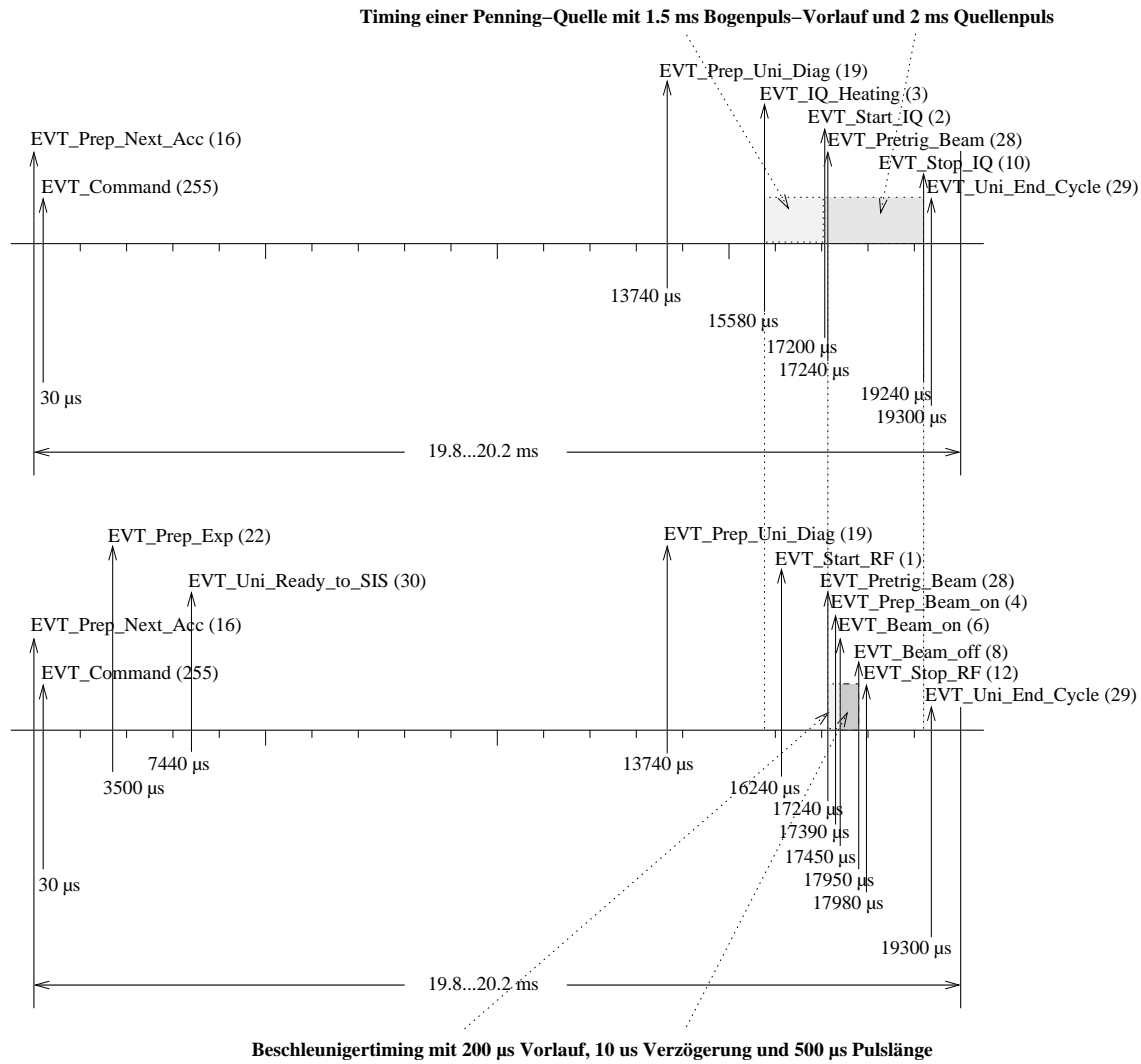


Abbildung 13: Ergebnis einer Eventberechnung (Beispiel)

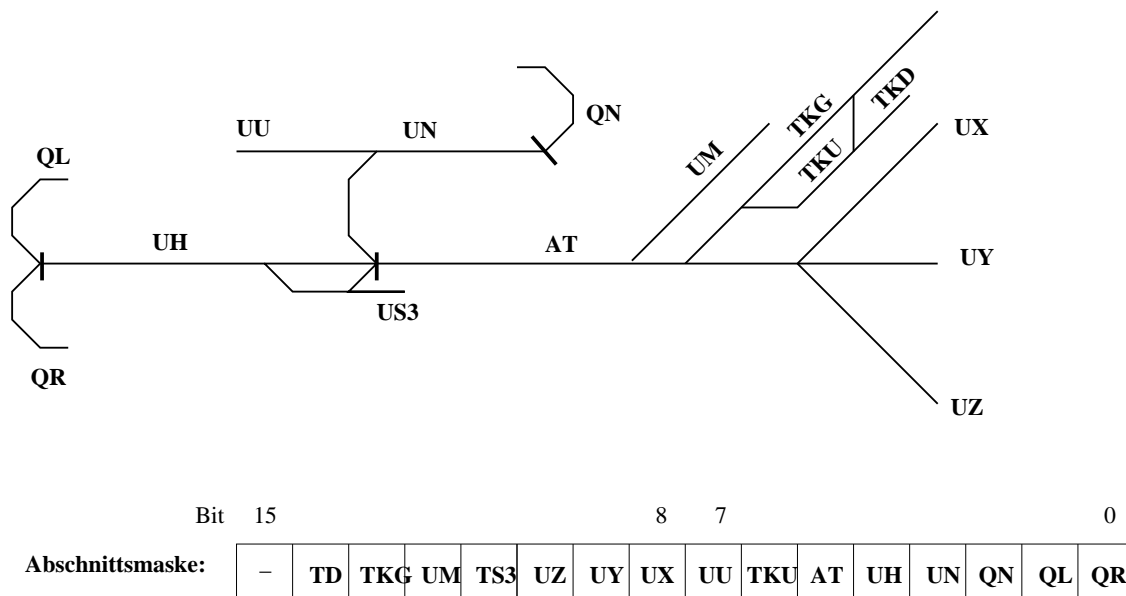
23.2 Superzyklus-Pulszentrale

Mit jedem 50 Hz Trigger berechnet die Superzyklus-Pulszentrale welche Beschleuniger im nächsten 20 ms Zyklus ausgeführt werden. Zur Bewertung der Beschleuniger werden verschiedene Kriterien herangezogen:

- Verfügbarkeit der Quelle
- Externe Anforderung oder periodische Ausführung
- Prioritäten
- spezielle Eigenschaften einzelner Beschleunigerabschnitte
- Profilgitterschutz

23.2.1 Abschnittsmasken

Abbildung 23.2.1 auf Seite 66 stellt schematisch dar, wie die Strahlwege und Timingabschnitte des Unilac pulscentralenintern in *rechenbare* Form abgebildet werden.



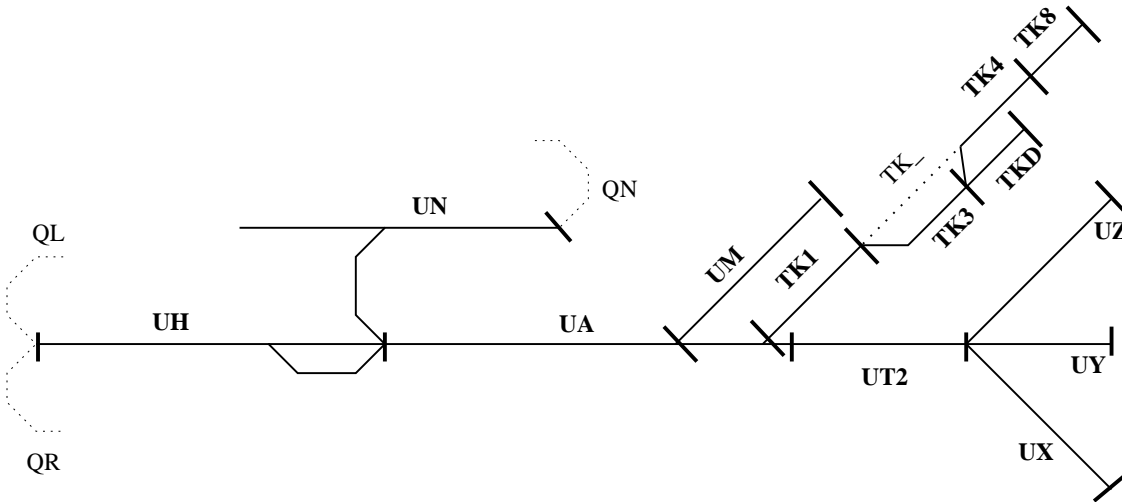
Stand 29.11.2007

Abbildung 14: Abbildung der Strahlwege und Timingabschnitte auf eine Abschnittsmaske

Beim Setzen des *Strahlwegkeys* (siehe Property ACCVIA auf Seite 95) wird für einen Beschleuniger die *Abschnittsmaske* bestimmt, in der für jeden vom Beschleuniger durchlaufenen Abschnitt ein entsprechendes Bit gesetzt wird. Durch logische Verknüpfung der *Abschnittsmasken* verschiedener Beschleuniger kann leicht ermittelt werden, ob diese gemeinsame Beschleunigerabschnitte haben oder nicht. Beschleuniger, die keine gemeinsamen Beschleunigerabschnitte haben (das AND beider Masken ergibt 0) können gleichzeitig ausgeführt werden.

23.2.2 Profilgitter-Abschnittsmasken

In einer weiteren Maske werden für jeden Beschleuniger die Profilgitterabschnitte, die von ihm durchlaufen werden, markiert. Anhand der Profilgitter-Abschnittsmaske ermittelt die Pulszentrale, ob für einen Beschleuniger der Profilgitterschutz aktiviert werden muß oder nicht. Abbildung 23.2.2 auf Seite 67 stellt dar, wie die Strahlwege des Unilac derzeit (ab Okt. 1999) in Profilgitterabschnitte eingeteilt sind.



Profilgitter-Abschnitts-Maske:

Bit	12							7							0	
	UM	TK8	TK4	TKD	TK3	TK1	UZ	UY	UX	UT2	UA	UN	UH	Stand: 29.11.2007		

Abbildung 15: Einteilung der Strahlwege in Profilgitterabschnitte

Siehe hierzu auch Abschnitt 3.2.4 auf Seite 12.

23.2.3 Anforderungsbedingungen

Aus historischen und praktischen Gründen sind die Ausführungsbedingungen für einen Beschleuniger, der *auf Anforderung* und nicht *periodisch* ausgeführt werden soll, vom *Strahlziel* des Beschleunigers abhängig. Folgende Varianten werden unterschieden:

Strahlziel X, Y oder Z: Der Beschleuniger gilt solange als *angefordert*, wie am Anforderungseingang des ihm zugeordneten Strahlziels (X, Y oder Z) eine Anforderung anliegt. Der Beschleuniger wird dann mit der eingestellten *Untersetzung* ausgeführt. D. h. solange die Anforderung ansteht, wird der Beschleuniger behandelt wie ein *periodisch auszuführender*, liegt keine Anforderung vor wird er nicht ausgeführt.

Strahlziel TK: Ein Beschleuniger mit dem Strahlziel **TKU** oder **TKG** muß vom SIS in zwei Schritten angefordert werden.

1. Die Vorbereitung des **TK** für diesen Beschleuniger muß angefordert werden. Während eine **TK-Vorbereitungsanforderung** ansteht ist der **TK reserviert** und kein anderer Beschleuniger mit diesem Strahlziel kann ausgeführt werden.

2. Frühestens nach einer Wartezeit von 200 ms kann vom SIS aus die eigentliche *Strahlanforderung* erfolgen. Die *Untersetzung* des Beschleunigers spielt dabei keine Rolle.

Im Therapiebetrieb (PZMODE = 0 oder 1 und OPERMODE = *Parameter- oder Set-Mode*) muß zum Zeitpunkt der *Strahlanforderung* bereits die EFICD-Information der SIS-Pulszentrale vorliegen und die entsprechenden Daten aus dem Therapiespeicher geladen worden sein (siehe Abschnitt 25.1 auf Seite 77).

Wichtig ist dabei auch, daß ein Beschleuniger mit dem Strahlziel **TK** oder **TKG** auch dann angefordert werden kann, wenn er als *periodisch* ausführbar eingestellt ist (das kann immer nur genau 1 Beschleuniger sein). Nur dann wird er mit der eingestellten *Untersetzung* ausgeführt, wenn der **TK** nicht durch eine Vorbereitungsanforderung reserviert ist.

Die Bedeutung der *Untersetzung* eines Beschleunigers ist also vom Strahlziel abhängig. Abbildung 23.2.3 auf Seite 68 soll den Anforderungsmechanismus zwischen Unilac und SIS verdeutlichen.

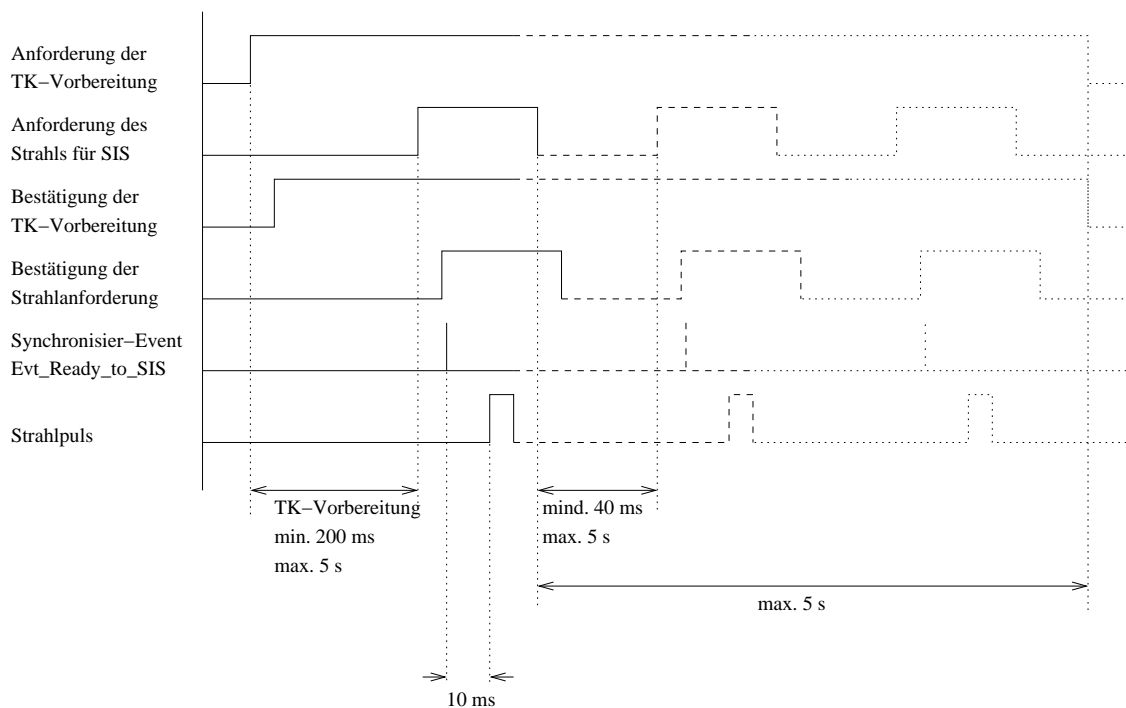


Abbildung 16: Ablauf einer SIS-Strahlanforderung

Zur Pulszentralen-internen Verwaltung des **TK** und der SIS-Anforderung werden folgende **TK-Zustände** verwendet:

TK_normal Der **TK** ist nicht durch eine Anforderung reserviert. Nur in diesem Zustand kann ein Betriebsbeschleuniger mit *Zwischenpulsen* ausgeführt werden.

TK_prerequested Für den **TK** liegt eine *Vorbereitungsanforderung* vor.

TK_inpreparation Der **TK** befindet sich in der Vorbereitungsphase. Die Magnetsollwerte wurden gesetzt, die 200 ms Wartezeit läuft.

TK_prepared Der **TK** ist vorbereitet, der Strahl kann vom SIS angefordert werden. Solange die *TK-Vorbereitungsanforderung* anstehen bleibt können vom SIS aus auch mehrere Strahlpulse angefordert werden (**Multi-Multiturn-Injektion**). Erfolgt innerhalb 5 s keine Strahl-Anforderung wird ein *Request-Timeout* gemeldet und der **TK** wieder freigegeben.

TK_requested Vom SIS aus liegt eine Strahl-Anforderung vor. Der angeforderte Beschleuniger kann ab jetzt ausgeführt werden.

Wird die *TK-Vorbereitungsanforderung* seitens des SIS zurückgenommen, wird der **TK** wieder freigegeben. Das bedeutet im einzelnen:

- Gibt es einen Beschleuniger mit Zwischenpulsen für den **TK**, dann werden die TK-Magnete auf dessen Sollwerte gesetzt.
- Gibt es keinen Beschleuniger mit Zwischenpulsen, werden die TK-Magnete auf Sollwert *Null* gefahren.

in beiden Fällen wird der **TK** wieder für 200 ms Vorbereitungszeit reserviert.

23.2.4 Beschleunigerzustände

Die Kriterien zur Bewertung der Beschleuniger werden intern auf Beschleunigerzustände abgebildet. Die möglichen Zustände im Detail:

acc_suspend Liegt für einen Beschleuniger, der nur auf *Anforderung* läuft, keine Anforderung vor, so wird er im Zustand *acc_suspend* geparkt. Diesen Zustand verläßt er erst, wenn alle Anforderungsbedingungen (siehe Abschnitt 23.2.3 auf Seite 67) erfüllt sind oder der Ausführungsmodus auf *periodisch* geändert wird.

Ein Beschleuniger, der sich im Zustand *acc_suspend* befindet, wird für die Superzyklusberechnung nicht berücksichtigt.

acc_wait Der Zustand *acc_wait* ist der Basiszustand, in dem sich alle Beschleuniger befinden, die bei der Superzyklusberechnung berücksichtigt werden müssen. Das sind alle Beschleuniger, die periodisch ausgeführt werden und die Beschleuniger, für die eine Anforderung vorliegt.

acc_local Alle Beschleuniger, die ausführbar sind (d. h. alle Voraussetzungen zur Ausführung sind erfüllt) aber aufgrund ihrer Priorität nicht zum Zuge kommen (also verdrängt werden) werden in den Zustand *acc_local* gesetzt und nur dann ausgeführt, wenn sie nicht mit anderen Beschleunigern kollidieren.

Normalerweise handelt es sich dabei um Beschleuniger, die nicht durch den **AT**-Abschnitt zu einem Experimentierplatz führen, sondern in einem Zwischenziel (**US** oder **UN7**) gestoppt werden.

acc_ready Alle Beschleuniger, die ausführbar sind (d. h. alle Voraussetzungen zur Ausführung sind erfüllt) werden in den Zustand *acc_ready* gesetzt.

acc_exec Die Beschleuniger, die mit höchster Priorität ausführbar sind und nicht miteinander kollidieren (also keine gemeinsamen Timinigabschnitte haben) werden in den Zustand *acc_exec* gebracht und tatsächlich ausgeführt.

Abbildung 23.2.4 auf Seite 70 soll alle Beschleunigerzustände und die möglichen Übergänge zwischen denselben verdeutlichen.

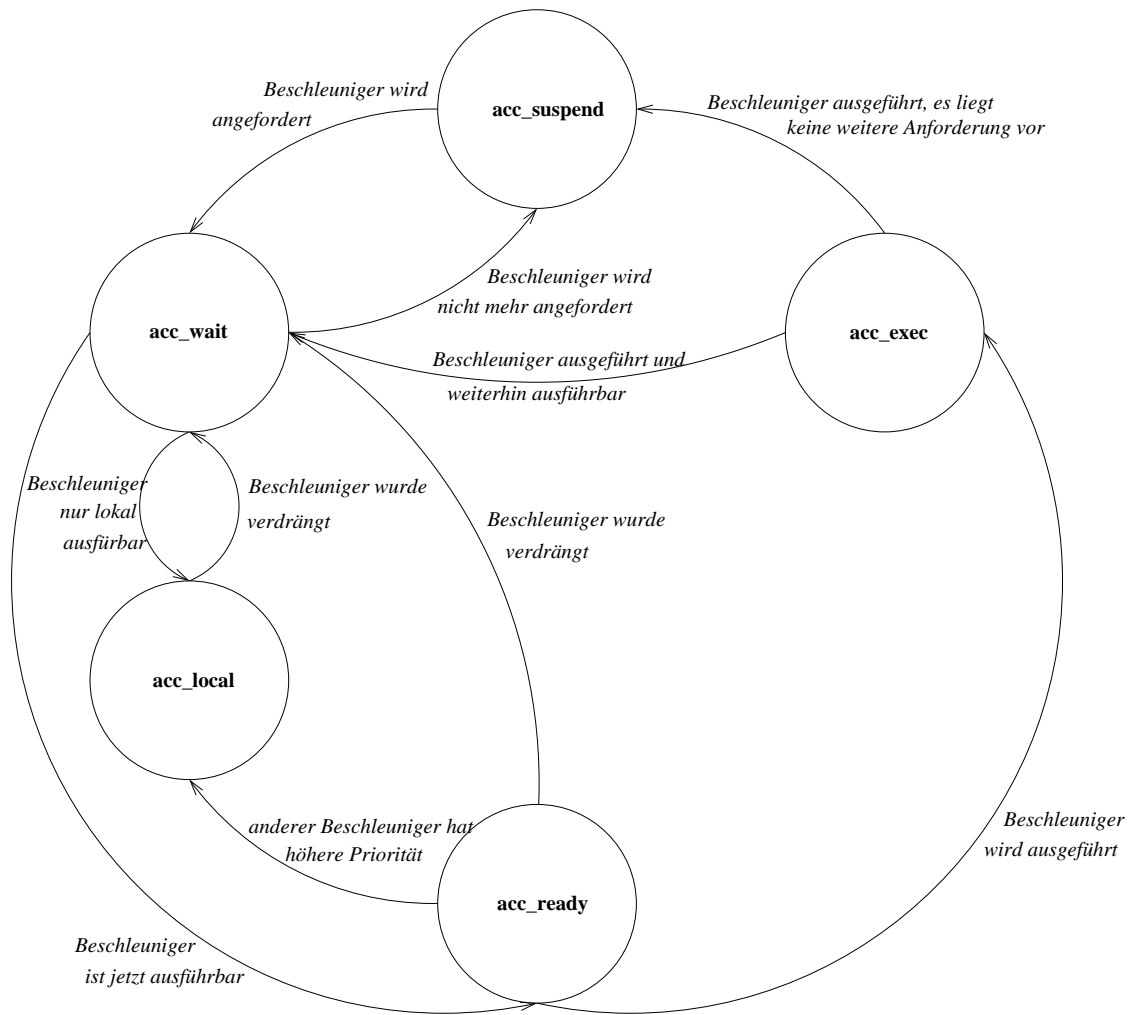


Abbildung 17: Beschleunigerzustände und mögliche Übergänge zwischen denselben

23.2.5 Superzyklus-Berechnung

Bei der Superzyklus-Berechnung werden folgende Aktionen durchgeführt:

1. Für alle Quellen wird geprüft, ob sie im aktuellen oder im nächsten Zyklus zur Verfügung stehen.
2. Es wird geprüft, ob externe Strahlanforderungen vorliegen. Beschleuniger, die *anforderbar* betrieben werden, werden in den Zustand *acc_wait* gesetzt, wenn eine externe Anforderung vorliegt.
3. Für alle Beschleuniger, die im Zustand *acc_wait* sind, wird die Priorität um 1 erhöht. Danach werden folgende Überprüfungen und Bewertungen vorgenommen:
 - (a) Ist die Quelle, aus der dieser Beschleuniger versorgt wird, im aktuellen Zyklus verfügbar und der Beschleuniger will auch ausgeführt werden (Untersetzung bzgl. der Quellenrate), dann geht der Beschleuniger in den Zustand *acc_ready*.

- (b) Führt der Beschleuniger nicht zu einem Experimentierplatz, dann wird geprüft, ob er in seinem lokalen Bereich (**UN** oder **UH**) die höchste Priorität hat. Ist beides nicht der Fall, kann der Beschleuniger höchstens lokal ausgeführt werden und er geht in den Zustand `acc_local`.
4. Bis hierhin ist klar, welche Beschleuniger ausgeführt werden können. Nämlich die Beschleuniger, die zu einem Experimentierplatz führen und höchste Priorität haben und zusätzlich *lokal* ausführbare Beschleuniger (mit höchster Priorität) im **UN**- oder **UH**-Abschnitt.
- Nun werden die Timingabschnitte, die von diesen Beschleunigern durchlaufen werden, reserviert und die entsprechenden Events an die Zyklus-Pulszentralen geschickt. Gibt es für die nicht reservierten Bereiche noch zusätzliche lokale Beschleuniger (im Zustand `acc_local`), dann werden auch für diese Bereiche die entsprechenden Events an die Zyklus-Pulszentralen geschickt.
5. Sind dennoch Beschleunigerabschnitte übriggeblieben, die im aktuellen Zyklus nicht benötigt werden, so wird geprüft, ob diese evtl. einen *HF-Konditionierungs*-Zyklus oder einen *HF-Stabilisierungs*-Zyklus ausführen müssen. Wenn nicht, wird ein *Leer*-Beschleuniger (15) veranlaßt.

23.3 Zyklus-Pulszentralen

Die Software der Zyklus-Pulszentralen ist denkbar einfach. Alle Zyklus-Pulszentralen sind mit einer SEMAX ausgestattet, auf der ein *Eventtimer* mit 26 Bit Datenbreite und einer Zeitauflösung von $1\mu\text{s}$ zur Verfügung steht. Dieser Timer kann per externem Event (über Eventfilter einstellbar) *genullt* werden. D. h. kommt ein im Eventfilter programmiertes Event an, wird der Timer gelöscht und er fängt bei 0 an zu zählen. Als Event zum Löschen des Timers und damit zur Synchronisierung aller Zyklus-Pulszentralen wird `EVT_50_Hz_Synch` benutzt (siehe Abb. 24.1 auf Seite 76).

Alle Zyklus-Pulszentralen erfahren per Event von der Superzyklus-Pulszentrale welcher Beschleuniger in welcher Art und Weise auszuführen ist (siehe Abschnitt 22.2). Daraus ergibt sich eine Eventsequenz (eine Tabelle mit Eventcodes und Zeiten), die bei der Einstellung der Beschleunigerparameter berechnet wurde.

Jede Zyklus-Pulszentrale hat primär nichts anderes zu tun, als darauf zu warten, daß der Eventtimer die Zeit anzeigt, bei der das nächste Event zu verschicken ist. Um die SE während eines Zyklus nicht völlig zu blockieren, überbrückt die Zyklus-Pulszentrale Abstände zwischen den Events, die größer als 1.5 ms sind, mit Hilfe des `Delaytimers`. Nur während dieser Überbrückung ist die Zyklus-Pulszentrale in der Lage Events von der Superzyklus-Pulszentrale (Uhrzeit, Zyklus-Informationen, ECCs ...) zu empfangen und zu verarbeiten. Dabei muß gewährleistet sein, daß die Verarbeitung eines empfangenen Events abgeschlossen ist, bevor der `Eventtimer` den Zeitwert des nächsten Events erreicht hat. Für die Verarbeitung sind ca 1.1 ms vorgesehen. Dauert die Verarbeitung länger, wartet die Zyklus-Pulszentrale gnadenlos bis der `Eventtimer` überläuft und den gewünschten Wert anzeigt (das würde ca 67 s dauern, aber schon nach 16 s schlägt der `Watchdog` zu und führt einen `RESET` der SE durch).

Die Abbildungen 24.1 und 24.1 sollen die geschilderten Abläufe verdeutlichen.

24 Events mit spezieller Bedeutung

Wie bereits in Abschnitt 8 auf Seite 29 beschrieben, sind die Eventsequenzen der Betriebsbeschleuniger fest vorgegeben. Lediglich zu Beginn eines Zyklus und am Ende werden in die vorgegebenen Eventpattern zusätzliche Informationen eingefügt und mitversendet.

EVT_Prep_Next_Acc (16):

Jeder *normale* Unilac-Zyklus beginnt mit dem Event `EVT_Prep_Next_Acc`. Speziell bei diesem Event haben die Bits 12... 15 folgende Bedeutung:

Bit	Wert	Bedeutung
12... 14	0	Beschleuniger läuft mit normalem Chopperpuls
	1	Beschleuniger läuft ohne Chopperpuls
	2	Beschleuniger läuft mit verkürztem Chopperpuls
15	0	normaler Beschleuniger
	1	Hochstrombeschleuniger

Bei allen anderen Events werden die Bits 12... 14 nicht verwendet und haben den Wert 0.

24.1 Timingdiagramme

In den folgenden Abschnitten sind Timingdiagramme abgebildet, die zur Verdeutlichung der beschriebenen Programmabläufe in der jeweiligen Software dienen sollen. Alle Diagramme wurden mit Hilfe eines Logik-Analysators aufgezeichnet und nachträglich kommentiert. Die aufgezeichneten Signale stellen folgendes dar:

50 HZ

Zeigt die Pulse, die direkt vom 50-Hz-Trigger-Generator am Ausgang abgegriffen wurden. Aus diesen Pulsen werden im Event-Piggy das `EVT_50_Hz_Synch` (33) und das `EVT_Command` (255) generiert.

EVSNT1

Zeigt für jedes Event am Eventbus der Pulszentrale einen Puls (*Low-active*) und wurde vom Timing-Interface der Pulszentrale abgegriffen.

BIWA1

Die **BI**ttere **WA**hrheit über das Realtime-Verhalten (Software-Laufzeiten) der Superzyklus-Pulszentrale zeigt (dem Experten) an, wie lange ein EQM zur Ausführung braucht.

TMINT2

Zeigt den Zustand des Delay-Timer-Interrupts der Zyklus-Pulszentrale an (*Low-active*). Also wann der Timer abgelaufen ist.

EVINT2

Zeigt den Zustand des Event-Interrupts der Zyklus-Pulszentrale an (*Low-active*). Also wann ein Event empfangen wurde.

BIWA2

Die **BI**ttere **WA**hrheit über das Realtime-Verhalten der Zyklus-Pulszentrale (an manchen Stellen setzt die Zyklus-Pulszentrale zusätzliche Zeitmarken).

EVSNT2

Zeigt für jedes Event am Eventbus der **AT**-Zyklus-Pulszentrale einen Puls (*Low-active*) und wurde vom Timing-Interface eines VME-Rahmens abgegriffen, der mit **AT**-Timing versorgt wird.

Abbildung 24.1 auf Seite 73 soll die Programmaktivitäten in der Superzyklus-Pulszentrale und den Zyklus-Pulszentralen veranschaulichen.

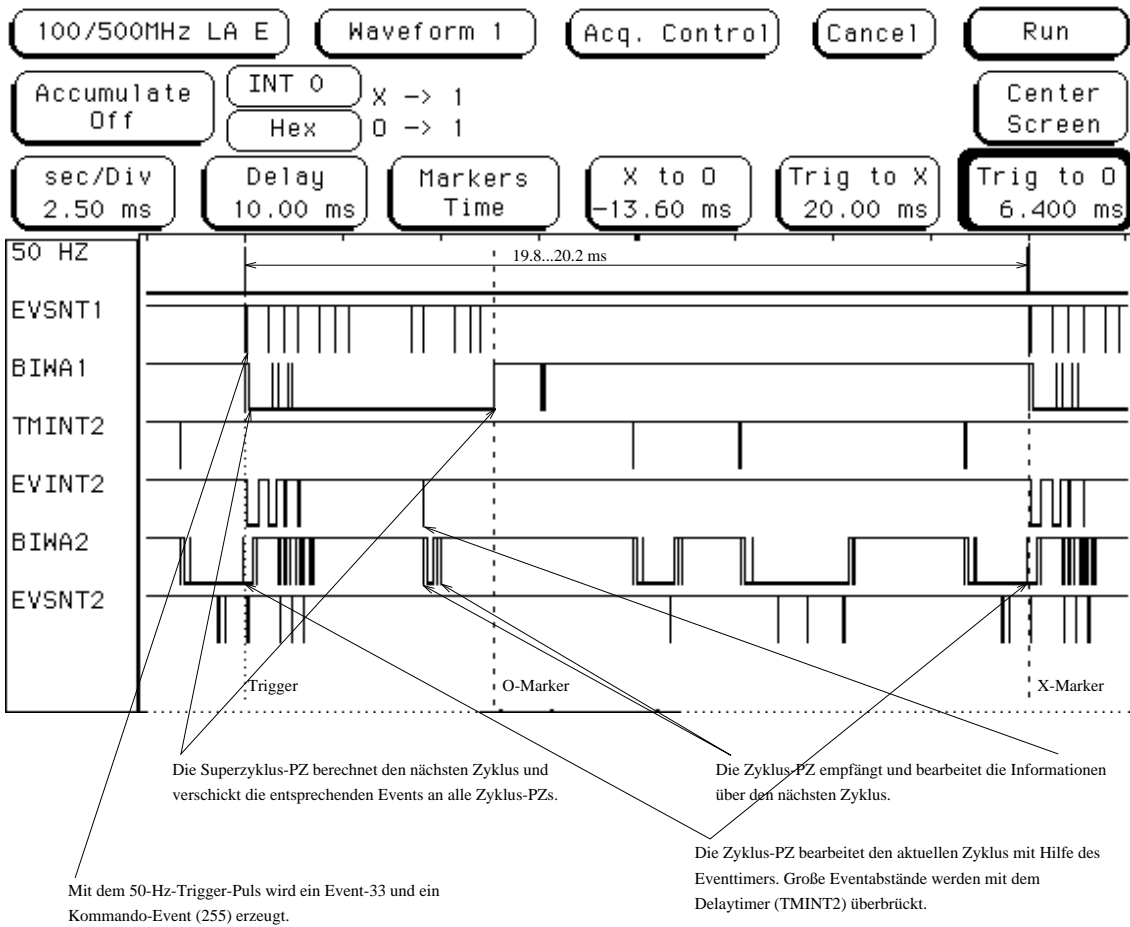


Abbildung 18: Signale des 50 Hz-Generators

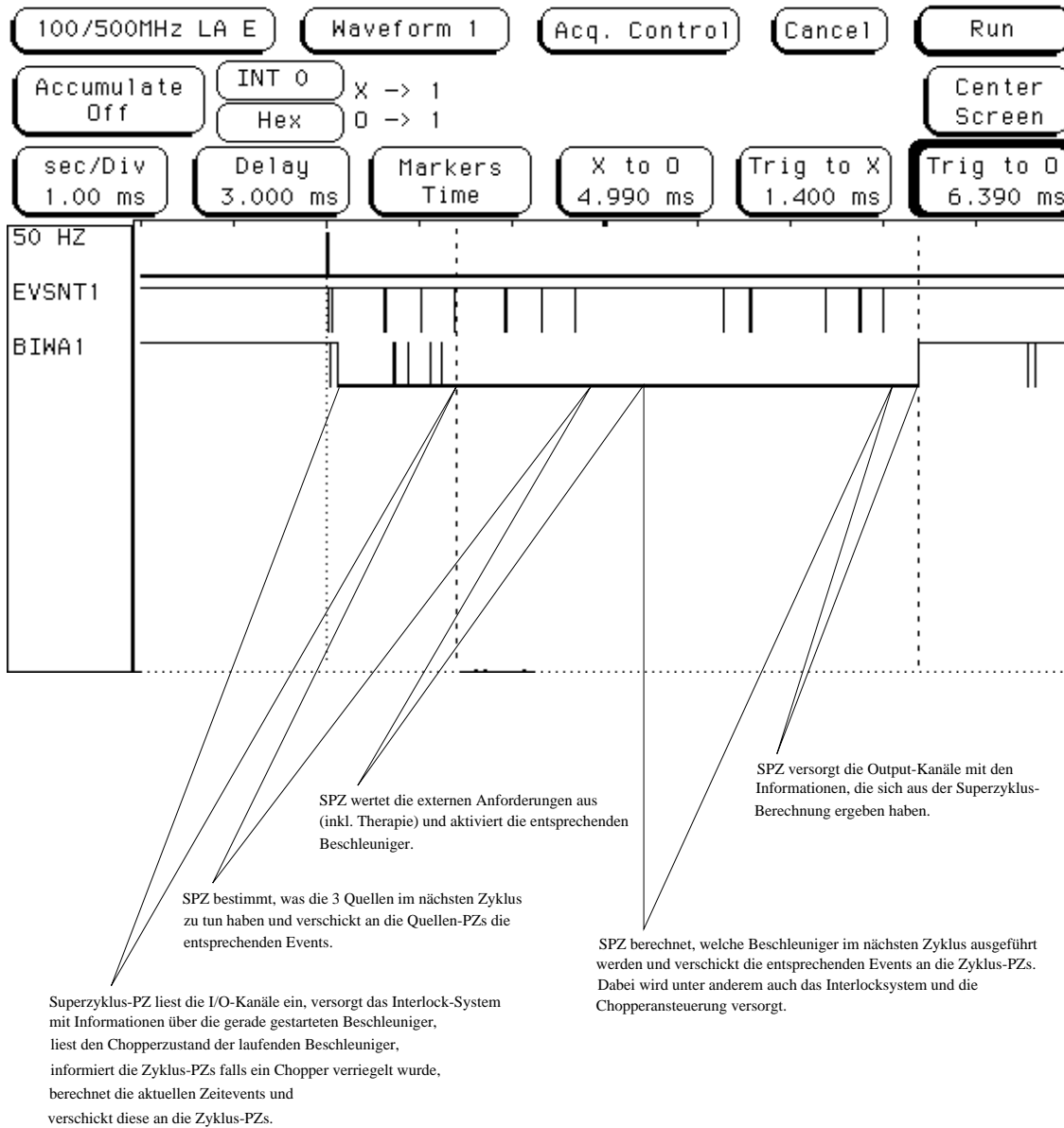


Abbildung 19: Aktivitäten der Superzyklus-Pulszentrale bei der Berechnung des Superzyklus

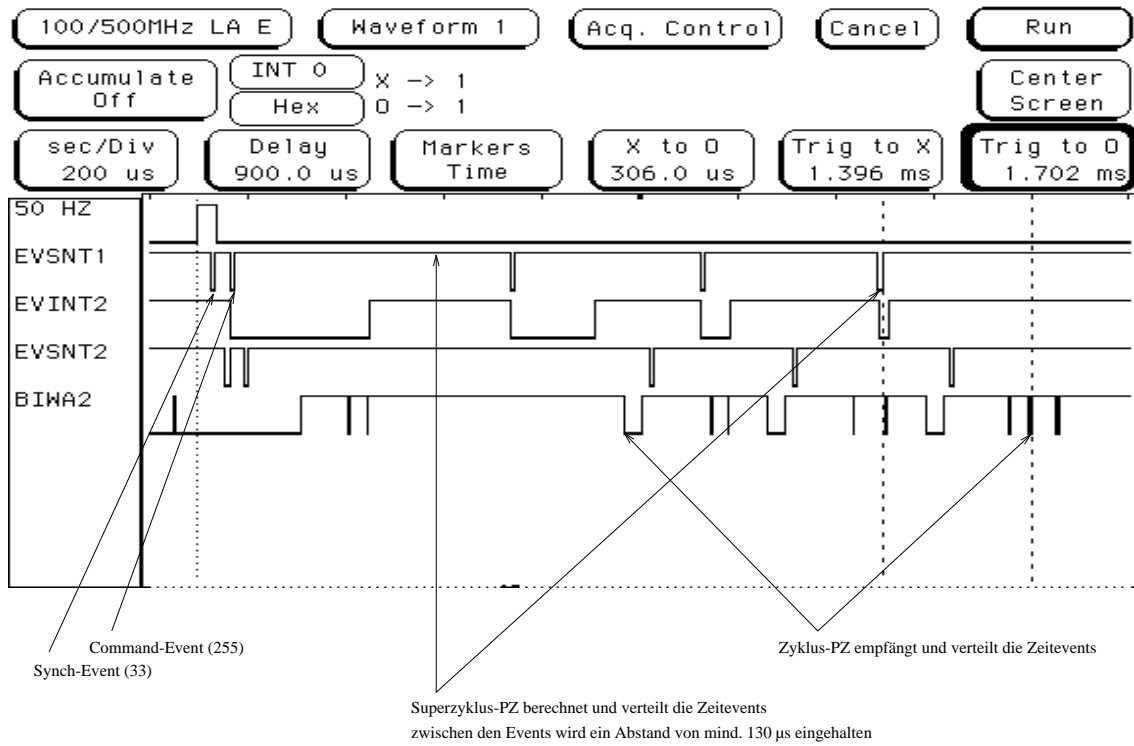


Abbildung 20: Aktivitäten der Zyklus-Pulszentrale zu Beginn eines Zyklus

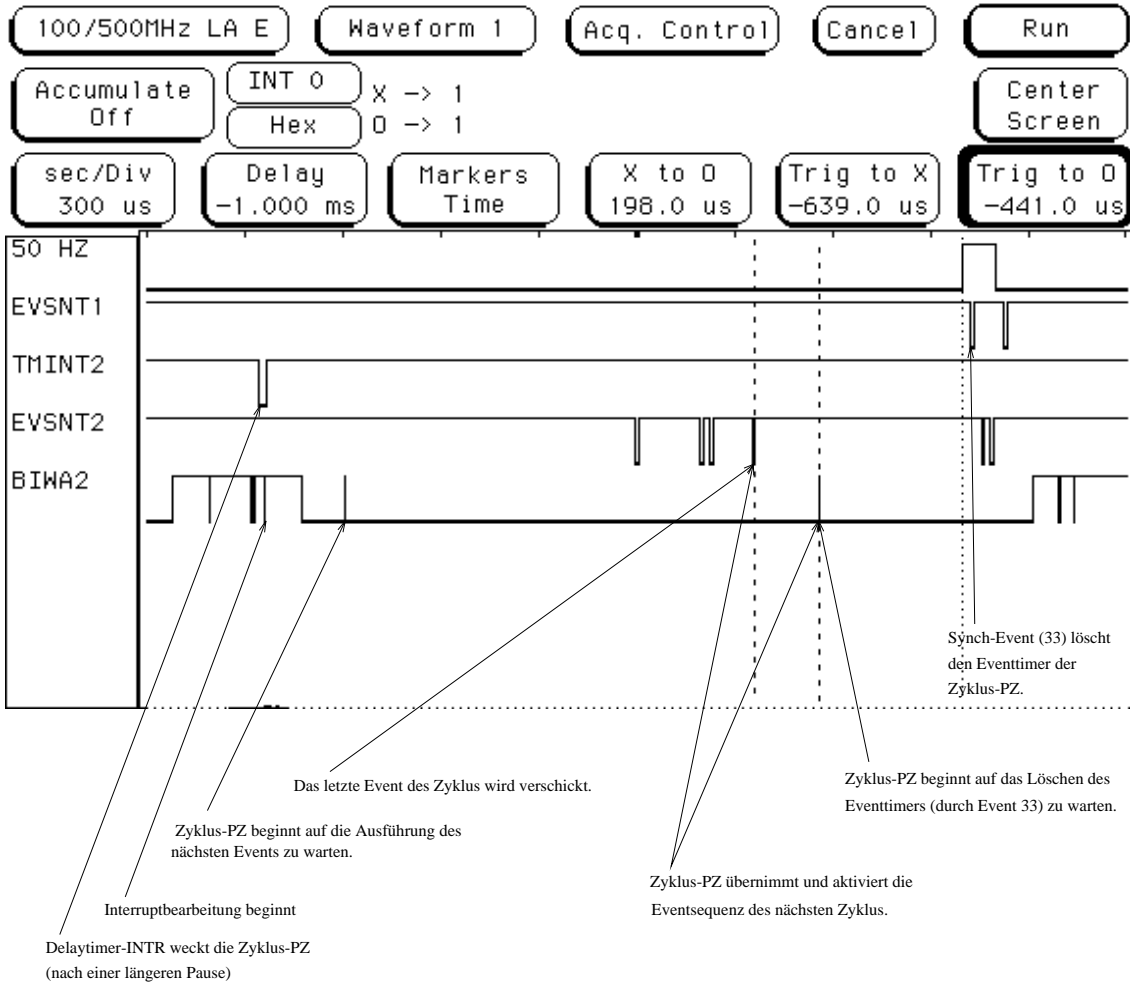


Abbildung 21: Aktivitäten der Zyklus-Pulszentrale am Ende eines Zyklus

25 Besonderheiten

25.1 Besonderheiten für den Therapiebetrieb

Speziell für den Therapiebetrieb wurden folgende Betriebsarten der Unilac-Pulszentrale implementiert:

Therapiebetrieb: Die Superzyklus-Pulszentrale wertet die Therapieinformationen (EFICD) der SIS-Pulszentrale aus, reicht sie an die Therapiegeräte im Unilac weiter und bestätigt die Ausführung gegenüber dem SIS.

Therapietestbetrieb: Die Pulszentrale verhält sich wie im Therapiebetrieb.

Normalbetrieb: Die Therapieinformationen der SIS-Pulszentrale werden nicht ausgewertet.

Bei der Vorbereitung des Therapie-Betriebs werden folgende Daten aus dem Therapiespeicher geladen:

1. Die Strahlwegbeschreibung des Beschleunigers
2. Die Quelle/Ziel-Information des Beschleunigers
3. Die Beschreibung des Beschleuniger-Timings:
 - (a) Strahlpulslänge
 - (b) Strahlpulsvorlauf
 - (c) Untersetzung zur Quellenrate
4. Der Ausführungsmodus (*suspendiert, aktiv, aktiv mit verkürztem Chopperpuls* oder *aktiv ohne Strahl*) des Beschleunigers.
5. Der Anforderungsmodus des Beschleunigers (*Ausführung auf Anforderung* oder *periodisch*).
6. Die **Hochstrom**-Kennung des Beschleunigers.

Fordert die SIS-Pulszentrale im Therapiebetrieb eine *Beschleuniger-Verriegelung* an, so versendet die Unilac-Pulszentrale das entsprechende **ECC** und alle Therapiegeräte am Unilac (auch die Pulszentrale selbst) werden verriegelt. Ist die Unilac-Pulszentrale verriegelt, wird gegenüber der SIS-Pulszentrale die *Ausführung der Verriegelung* bestätigt.

Die Unilac-Pulszentrale wird, wie alle anderen Therapiegeräte am Unilac auch, durch **Unilac EPROM schreiben** im **SIS-MEDI**-Programm programmiert. Sie muß also korrekt eingestellt sein, damit der Therapiebetrieb funktioniert.

Teil III

Das Gerätmodell

26 Die Repräsentation des Gerätes

Dieses Kapitel definiert das Gerätmodell, also wie das Gerät nach höheren Ebenen hin abgebildet wird. Es beschreibt die Schnittstelle zwischen Benutzerebene (Operatingprogrammen) und Geräteebene (Gerätehard- und -software).

Ein Gerät erscheint zur Benutzerebene im Umfang des in Abschnitt 17 definierten logischen Gerätes.

26.1 Kennzeichnung des Gerätmodells

Das Gerätmodell hat die Bezeichnung **PZUS**.

Die Gerätmodellnummer ist 52_{dez} .

26.2 Die Master-Properties

Master-Properties							
Property	Klasse	Parameter		Daten		Größe	
		Anz.	Typ	Anz.	Typ	Einh.	Exp.
POWER	R/W	0	–	1	BitSet16	1	0
STATUS	R	0	–	1	BitSet32	1	0
INIT	N	0	–	0	–	–	–
RESET	N	0	–	0	–	–	–
VERSION	RA	0	–	48	BitSet8	1	0
INFOSTAT	RA	0	–	25	BitSet32	1	0
PZINFO	RA	0	–	31	BitSet32	1	0
ASYNCDAT	WA	0	–	8	BitSet16	1	0
SUPCYCLE	RA	0	–	3584	BitSet8	1	0
PZMODE	R/W	0	–	1	BitSet16	1	0
ZEROMODE	R/W	1	BitSet16	1	BitSet16	1	0
EHDCACC	R/W	0	–	1	BitSet16	1	0
RFINFO	RA	1	BitSet16	7	Integer32	1	0
RFDESCR	RA	1	BitSet16	7	Integer32	1	0
RFSTAB	RA/WA	1	BitSet16	2	Integer32	1	0
RFCOND	RA/WA	1	BitSet16	2	Integer32	1	0
IQAVTYPE	RA	1	BitSet16	8	Integer32	1	0
IQINFO	RA	1	BitSet16	16	Integer32	1	0
IQTYPE	R/W	1	BitSet16	1	Integer32	1	0
IQDESCR	RA	1	BitSet16	12	Integer32	1	0
IQACTIV	R/W	1	BitSet16	1	Integer32	1	0
IQSEQU	RA/WA	1	BitSet16	2	Integer32	1	0
IQLEN	RA/WA	1	BitSet16	3	Integer32	s	-6
IQSDLEN	RA/WA	1	BitSet16	2	Integer32	s	-6
IQMODE	R/W	1	BitSet16	1	Integer32	1	0

26.2.1 POWER

Bedeutung: Gibt an, ob der Leistungsteil des Gerätes ein- oder ausgeschaltet ist bzw. werden soll.
Das Gerät PZUS hat kein Leistungsteil. Ein Versuch POWER zu schalten, liefert einen Fehler.

Parameter: Keine.

Daten: Das Datum kann nur den Wert 1, d. h. eingeschaltet, annehmen.

26.2.2 STATUS

Bedeutung: Auslesen des 32 Bit Gerätestatus.

Parameter: Keine.

Daten: Das 32bit Statuswort.

26.2.3 INIT

Bedeutung: Initialisierung des Gerätes (Kaltstart).

Parameter: Keine.

Daten: Keine.

26.2.4 RESET

Bedeutung: Reset des Gerätes (Warmstart).

Parameter: Keine.

Daten: Keine.

26.2.5 VERSION

Bedeutung: Lesen der Versionskennung der Gerätesoftware.

Parameter: Keine.

Daten: Versionskennung als ASCII-String, pro Datum ein ASCII-Zeichen.

Bytes	Inhalt
1 . . . 12	Version der USRs
13 . . . 24	Version der EQMs
25 . . . 36	Version des verwendeten MIL-Treibers
37 . . . 38	Variante der EQMs

26.2.6 INFOSTAT

Bedeutung: Diese Property liefert einige wichtige Geräteinformationen in einem Zugriff. Die Informationen werden direkt aus dem Dualport-RAM gelesen, also ohne den expliziten Aufruf eines EQMs, und sind daher in der Abarbeitung nicht abhängig von Kommandoevents.

Parameter: Keine.

Daten: Die 25 Langworte enthalten im Einzelnen:

- 1: Gerätestatus (wie in der Property STATUS)

- 2:** Gibt in den oberen 16 Bits an, welcher virtuelle Beschleuniger aktiv gesetzt ist (ein Bit pro Beschleuniger). Das niederwertigste Bit (Bit 16) gibt den Beschleuniger 15 an, das Bit 31 den Beschleuniger 0. Die unteren 16 Bit sind nicht verwendet. Dabei bedeutet Null, daß der Beschleuniger inaktiv ist und Eins, daß der Beschleuniger aktiv ist.
- 3:** Master-Fehler. Hier ist derjenige Master-Gerätefehlercode mit dem schwersten Fehlergrad eingetragen. Bei mehreren Fehlern mit dem gleichen Fehlergrad wird der erste eingetragen, der gefunden wurde.
- 4:** Slave Fehler für virtuellen Beschleuniger 0. Entsprechend dem Master-Fehler wird hier der nach dem Fehlergrad schwerste Slave-Gerätefehlercode für den Beschleuniger 0 eingetragen.
- 5:** Entsprechend Punkt 4, aber für virtuellen Beschleuniger 1.
- ⋮
- 19:** Entsprechend Punkt 4, aber für virtuellen Beschleuniger 15.
- 20:** EC-Mode. In den oberen 16 Bit des Langwortes steht der von der Gerätesoftware eingestellte Default-EC-Mode, in den unteren 16 Bit der aktuelle EC-Mode. Folgende Modi sind definiert:
 - 0:** *not set*
 - 1:** *Preset_Command* Der ECM hat das Umschalten in Command-Mode vorbereitet aber noch nicht beendet.
 - 2:** *Command* Der ECM läuft im Command-Mode.
 - 3:** *Preset_Event* Der ECM hat das Umschalten in Event-Mode vorbereitet aber noch nicht beendet.
 - 4:** *Event* Der ECM läuft im Event-Mode.
- 21:** EC-Performance-Mode. In den oberen 16 Bit des Langwortes steht der von der Gerätesoftware eingestellte Default-Performance-Mode, in den unteren 16 Bit der aktuelle Performance-Mode. Folgende Modi sind definiert:
 - 0:** *not set*
 - 1:** *Display* Der ECM läuft im Display-Mode.
 - 2:** *Preset_Turbo* Der ECM Hat das Umschalten in den Turbo-Mode vorbereitet aber noch nicht beendet.
 - 3:** *Turbo* Der ECM läuft im Turbo-Mode.
- 22:** *HW_Warning_Maske*. Die 32 Bits geben an aus welchen Bits im Gerätestatus das HW-Warning-Bit im Status abgeleitet wird.
- 23** Pulszentralen-Identifikation:
 - 0:** TIF
 - 1:** SIS-PZ
 - 2:** ESR-PZ
 - 3 . . . 6:** undefiniert
 - 7:** Software-PZ
 - 8:** UNILAC, Superzyklus-PZ
 - 9:** UNILAC, Zyklus-PZ Quelle-Rechts
 - 10:** UNILAC, Zyklus-PZ Quelle-Links
 - 11:** UNILAC, Zyklus-PZ Quelle-HLI
 - 12:** UNILAC, Zyklus-PZ Beschl. -HLI

- 13:** UNILAC, Zyklus-PZ Hochstrominjektor
- 14:** UNILAC, Zyklus-PZ Alvarez
- 15:** UNILAC, Zyklus-PZ Transferkanal
- 24:** Reserviert für Erweiterungen.
- 25:** Reserviert für Erweiterungen.

26.2.7 PZINFO

Bedeutung: Lesen einiger globaler Informationen der Pulszentrale. Dazu gehören:

- Datum und Uhrzeit der letzten Initialisierung.
- Zustand der Profilgitterschutz-Taster (Unilac-Konsole im HKR). Damit kann gelesen werden, welche Profilgitterabschnitte aktuell geschützt sind. Nur in geschützten Abschnitten sind die Profilgitterantriebe entriegelt.
- Profilgitterschutz-Informationen zu allen Beschleunigern (0... 13):
 - Profilgitterschutz-Zustand
 - aktuell gültige Strahlpulslänge

Parameter: Keine

Daten: Die 31 BitSet32 Werte haben folgende Bedeutung:

- 1... 2:** Datum und Uhrzeit der letzten Initialisierung.
 - 1:** Datum.
 - 2:** Uhrzeit.
- 3:** Zustand der Profilgitterschutz-Taster (Unilac-Konsole im HKR). Damit kann gelesen werden, welche Profilgitterabschnitte aktuell geschützt sind. Nur in geschützten Abschnitten sind die Profilgitterantriebe entriegelt.
- 4... 31:** Informationen über den Profilgitterschutz zu allen Betriebsbeschleunigern (0... 13):
 - aktueller Profilgitterschutz-Zustand (0: ungeschützt, 1: geschützt)
 - aktuell gültige Strahlpulslänge (in μs)

26.2.8 ASYNCDAT

Bedeutung: Verschicken asynchroner Datenevents zur Triggerung sog. ECCs (**E**vent **C**onnecte**D** Command). Dabei können mit einem Kommando bis zu 7 Datenbytes übertragen werden. Mit diesen Kommandos können auf der VME-Ebene (SE) EQMs *asynchron* gestartet werden (d.h. die Ausführung findet dann statt, wenn die SE nicht mit Real-Time-Aufgaben beschäftigt ist).

Parameter: Keine

Daten: Die 1 bis 8 Worte, von denen jeweils nur das Low-Byte (Bit 0... 7) ausgewertet wird, haben folgende Bedeutung:

- 1:** Kommandonummer (ECC-Nummer)
- 2... 8:** 1... 7 Daten, die zum Kommando gehören.

26.2.9 SUPCYCLE

Bedeutung: Liefert Informationen über den Ablauf der letzten 256 Zyklen in den einzelnen Pulszentralenabschnitten.

Parameter: Keine

Daten: Die 3584 BitSet8-Werte beinhalten die virtuellen Beschleuniger, die von den 7 Zyklus-Pulszentralen in den letzten 256 Unilac-Takten ausgeführt wurden.



Datenformat der Beschleunigerkodierung fehlt noch!

1 ... 14: Info je Zyklus-Pulszentrale über die vor 256 Zyklen ausgeführten Beschleuniger

1: Beschleunigernummer, die in **UR** ausgeführt wurde.

2: Hilfsbeschleuniger, der in **UR** ausgeführt wurde.

3: Beschleunigernummer, die in **UL** ausgeführt wurde.

4: Hilfsbeschleuniger, der in **UL** ausgeführt wurde.

5: Beschleunigernummer, die in **UQ** ausgeführt wurde.

6: Hilfsbeschleuniger, der in **UQ** ausgeführt wurde.

7: Beschleunigernummer, die in **UN** ausgeführt wurde.

8: Hilfsbeschleuniger, der in **UN** ausgeführt wurde.

9: Beschleunigernummer, die in **UH** ausgeführt wurde.

10: Hilfsbeschleuniger, der in **UH** ausgeführt wurde.

11: Beschleunigernummer, die in **AT** ausgeführt wurde.

12: Hilfsbeschleuniger, der in **AT** ausgeführt wurde.

13: Beschleunigernummer, die in **TK** ausgeführt wurde.

14: Hilfsbeschleuniger, der in **TK** ausgeführt wurde.

15 ... 28: Info je Zyklus-Pulszentrale über die vor 255 Zyklen ausgeführten Beschleuniger

⋮ ⋮

3571 ... 3584: zuletzt ausgeführte Beschleuniger je Zyklus-Pulszentrale

26.2.10 PZMODE

Bedeutung: Setzen bzw. Lesen des Betriebsmodus der Pulszentrale. Analog zur SIS-Pulszentrale muß auch in der Unilac-Pulszentrale die Auswertung der Therapieanforderleitungen explizit *ein-* oder *aus-*geschaltet werden. Im Zustand *eingeschaltet* übernimmt die Unilac-Pulszentrale alle Therapie-Informationen, die von der SIS-Pulszentrale übermittelt werden (siehe Abschnitt 19.2.3 auf Seite 47) und reicht sie an die Unilac-Geräte weiter. Im Zustand *ausgeschaltet* (Normalbetrieb) reagiert die Unilac-Pulszentrale nicht auf Therapieanforderungen der SIS-Pulszentrale.

Parameter: Keine.

Daten: Das Datum kann folgende 3 Werte annehmen:

0: Therapiebetrieb: Die Pulszentrale wertet die Therapieinformationen der SIS-Pulszentrale aus und reicht sie ggf. an die Therapiegeräte im Unilac weiter.

1: Therapietestbetrieb: Die Pulszentrale verhält sich wie im Therapiebetrieb.

2: Normalbetrieb: Die Therapieinformationen der SIS-Pulszentrale werden nicht ausgewertet.

26.2.11 ZEROMODE

Bedeutung: Setzen bzw. Lesen, ob im angegebenen Beschleunigerabschnitt (Alvarez oder TK) alle Magnete auf Sollwert *Null* gefahren werden, wenn der Abschnitt nicht zum Strahltransport benötigt wird.

Parameter: 1 BitSet16 Wert, der den Beschleunigerabschnitt bezeichnet.

Nummer	Beschleunigerabschnitt
1	Alvarez
2	TK

Daten: Das Datum kann folgende 2 Werte annehmen:

0: Alle Magnete auf Sollwert *Null* fahren ist ausgeschaltet bzw. soll ausgeschaltet werden.

1: Alle Magnete auf Sollwert *Null* fahren ist eingeschaltet bzw. soll eingeschaltet werden.

26.2.12 EHDCACC

Bedeutung: Setzen bzw. Lesen der Beschleunigernummer, die in der Experimentierhalle unabhängig vom aktuellen Beschleunigerbetrieb mit 50 Hz läuft (quasi *DC*). Vorerst wird auf diesem Weg die *Targetradsteuerung* eingestellt. Siehe hierzu auch Abschnitt 15.1 auf Seite 37.

Parameter: Keine.

Daten: Das Datum gibt die Nummer des Beschleunigers an, der in der Experimentierhalle mit 50 Hz auszuführen ist.

26.2.13 RFINFO

Bedeutung: Lesen der Informationen zu einem bestimmten HF-Abschnitt. Darin sind sowohl die für diesen HF-Abschnitt zulässigen Grenzwerte als auch die dazugehörigen *Defaultwerte* enthalten.

Parameter: 1 BitSet16 Wert, der den HF-Abschnitt bezeichnet.

Nummer	HF-Abschnitt
1	HLI
2	HSI
3	Alvarez
4	TK

Daten: Die 7 Werte haben folgende Bedeutung:

1. HF-Puls-Vorlauf in μs .
2. minimale Länge des HF-Pulses in μs .
3. maximale Länge des HF-Pulses in μs .
4. *Defaultwert* für die Pulslänge eines *HF-Stabilisierungszyklus* (siehe auch Abschnitt 26.2.15 auf Seite 85).
5. *Defaultwert* für die Ausführungshäufigkeit der *HF-Stabilisierungszyklen* als Untersetzung zum *Grundtakt* des Unilac (siehe auch Abschnitt 26.2.15 auf Seite 85).
6. *Defaultwert* für die Pulslänge eines *HF-Konditionierungszyklus* (siehe auch Abschnitt 26.2.16 auf Seite 85).

7. *Defaultwert* für die Ausführungshäufigkeit der *HF-Konditionierungszyklen* als Untersetzung zum *Grundtakt* des Unilac (siehe auch Abschnitt 26.2.16 auf Seite 85).

26.2.14 RFDESCR

Bedeutung: Lesen der aktuellen Einstellungen zu einem bestimmten HF-Abschnitt. Darin sind die für diesen HF-Abschnitt aktuellen Werte für die *HF-Stabilisierungszyklen* und die *HF-Konditionierungszyklen* enthalten.

Parameter: 1 BitSet16 Wert, der den HF-Abschnitt bezeichnet.

Nummer	HF-Abschnitt
1	HLI
2	HSI
3	Alvarez
4	TK

Daten: Die 4 Werte haben folgende Bedeutung:

1. Länge des HF-Pulses im *HF-Stabilisierungszyklus*.
2. Ausführungshäufigkeit der *HF-Stabilisierungszyklen* als Untersetzung zum *Grundtakt* des Unilac. (siehe auch Abschnitt 26.2.22 auf Seite 89).
3. Länge des HF-Pulses im *HF-Konditionierungszyklus*.
4. Ausführungshäufigkeit der *HF-Konditionierungszyklen* als Untersetzung zum *Grundtakt* des Unilac. (siehe auch Abschnitt 26.2.22 auf Seite 89).

26.2.15 RFSTAB

Bedeutung: Lesen bzw. Setzen der Parameter für die Ausführung von *HF-Stabilisierungszyklen*.

Parameter: 1 BitSet16 Wert, der den HF-Abschnitt bezeichnet.

Nummer	HF-Abschnitt
1	HLI
2	HSI
3	Alvarez
4	TK

Daten: Die beiden Werte haben folgende Bedeutung:

1. Länge des HF-Pulses (2 ... 5 ms).
2. Ausführungshäufigkeit der *HF-Stabilisierungszyklen* als Untersetzung zum *Grundtakt* des Unilac. (siehe auch Abschnitt 26.2.22 auf Seite 89).

26.2.16 RFCOND

Bedeutung: Lesen bzw. Setzen der Parameter für die Ausführung von *HF-Konditionierungszyklen*.

Parameter: 1 BitSet16 Wert, der den HF-Abschnitt bezeichnet.

Nummer	HF-Abschnitt
1	HLI
2	HSI
3	Alvarez
4	TK

Daten: Die beiden Werte haben folgende Bedeutung:

1. Länge des HF-Pulses (2 ... 5 ms).
2. Ausführungshäufigkeit der *HF-Konditionierungszyklen* als Untersetzung zum *Grundtakt* des Unilac. (siehe auch Abschnitt 26.2.22 auf Seite 89).

26.2.17 IQAVTYPE

Bedeutung: Lesen, welche Quellentypen in der angegebenen Quelle eingebaut werden können.

Parameter: 1 BitSet16 Wert, der die Quelle (den Quellenort) bezeichnet.

Wert	Quelle
1	Unilac Rechts
2	Unilac Links
3	HLI (EZR)

Daten: Die 1 ... 8 BitSet16-Werte haben folgende Bedeutung:

- 1 Anzahl der einbaubaren Quellentypen (0 ... 7)
- 2 ... 8 Liste mit 1 ... 7 Nummern der einbaubaren Quellentypen. Die Quellentypnummern sind folgendermaßen festgelegt:

Wert	Quellentyp
1	PENNING
2	PENNING mit Bogen-Stabilisierungszyklen
3	PENNING mit Gasvorlauf
4	CHORDIS bzw. MUCIS
5	MEVVA
6	EZR-DC-50Hz
7	EZR-Afterglow

26.2.18 IQINFO

Bedeutung: Lesen der Informationen zu einem bestimmten Quellentyp. Darin sind sowohl die für diesen Quellentyp zulässigen Grenzwerte als auch die dazugehörigen *Defaultwerte* enthalten.

Parameter: 1 BitSet16 Wert, der den Quellentyp bezeichnet.

Wert	Quellentyp
1	PENNING
2	PENNING mit Bogen-Stabilisierungszyklen
3	PENNING mit Gasvorlauf
4	CHORDIS bzw. MUCIS
5	MEVVA
6	EZR-DC-50Hz
7	EZR-Afterglow

Daten: Die 16 Integer32-Werte haben folgende Bedeutung:

1. Anzahl der Zeitparameter (0 ... 3)
2. Anzahl der Sequenzparameter (1 ... 2)
3. Anforderbarkeit der Quelle. Siehe auch Property IQMODE.
4. minimale Quellenpulslänge in μs
5. maximale Quellenpulslänge in μs
6. minimaler Quellenpulsvorlauf in μs
7. maximaler Quellenpulsvorlauf in μs

8. minimaler Quellenhilfspulsvorlauf in μs
9. maximaler Quellenhilfspulsvorlauf in μs
10. minimale Quellentaktrate
11. maximale Quellentaktrate
12. *Defaultwert* für die Ausführungshäufigkeit der Quelle als Untersetzung zum *Grundtakt* des Unilac. Siehe auch Property IQSEQU.
13. *Defaultwert* für die Ausführungshäufigkeit der zusätzlichen *Bogen-Stabilisierungszyklen* als Untersetzung zum *Grundtakt* des Unilac. Siehe auch Property IQSEQU. Dies ist nur beim Quellentyp *PENNING mit Bogen-Stabilisierungszyklen* möglich, bei allen anderen Quellen ist dieser Wert 0.
14. *Defaultwert* für die Quellenpulslänge. Siehe Property IQLEN.
15. *Defaultwert* für den Quellenpulsvorlauf. Siehe Property IQLEN.
16. *Defaultwert* für den Quellenhilfspulsvorlauf. Siehe Property IQLEN.

26.2.19 IQTYPE

Bedeutung: Setzen bzw. Lesen des Quellentyps, der in der angegebenen Quelle eingebaut ist. Dabei ist zu beachten, daß eine Änderung des Quellentyps erst dann erlaubt ist, wenn alle Beschleuniger, die aus dieser Quelle versorgt werden, *suspendiert* sind. Mit der Übernahme eines neuen Quellentyps stellt die Pulszentrale automatisch die *Defaultwerte* für diesen Quellentyp ein und setzt die Quelle auf *inactive*. Eine Änderung des Quellentyps wird von der Pulszentrale als Alarm gemeldet.

Parameter: 1 BitSet16 Wert, der die Quelle (den Quellenort) bezeichnet.

Nummer	Quelle
1	Unilac Rechts
2	Unilac Links
3	HLI (EZR)

Daten: Das Datum kann folgende Werte annehmen:

Wert	Quellentyp
1	PENNING
2	PENNING mit Bogen-Stabilisierungszyklen
3	PENNING mit Gasvorlauf
4	CHORDIS bzw. MUCIS
5	MEVVA
6	EZR-DC-50Hz
7	EZR-Afterglow

Erläuterungen:

Bei *PENNING mit Bogen-Stabilisierungszyklen* wird in den Stabilisierungszyklen nur ein Bogenpuls erzeugt, der die Quelle auf Temperatur hält. Der zur Strahlerzeugung notwendige Sputterpuls wird nicht produziert. D. h. der *Quellenbeschleuniger* für diese Quelle beinhaltet nur die Events zur Bogenpulserzeugung. Durch Abbildung dieser speziellen Anforderung auf einen extra Quellentyp spart man sich die Verwaltung einer zusätzlichen Property, die nur für einen einzigen Quellentyp zulässig ist.

Bei *PENNING mit Gasvorlauf* wird (unter Umständen lange) vor dem eigentlichen Bogen- bzw. Sputterpuls ein Hilfsgas gezündet. Da diese Eigenschaft Einfluß auf andere Quellenparameter (z.B. die maximal mögliche Taktrate) haben kann, erschien es sinnvoll, dafür einen eigenen Quellentyp zu definieren.

26.2.20 IQDESCR

Bedeutung: Lesen aller eingestellten Parameter der angegebenen Quelle.

Parameter: 1 BitSet16 Wert, der die Quelle (den Quellenort) bezeichnet.

Nummer	Quelle
1	Unilac Rechts
2	Unilac Links
3	HLI (EZR)

Daten: Die 10 Werte haben folgende Bedeutung:

1. Aktivzustand der Quelle. Siehe Property IQACTIV.
2. Anforderbetrieb der Quelle. Siehe auch Property IQMODE.
3. Nummer des eingebauten Quellentyps. Siehe Property IQTYPE.
4. Ausführungshäufigkeit der Quelle als Untersetzung zum *Grundtakt* des Unilac. Siehe auch Property IQSEQU.
5. Ausführungshäufigkeit der zusätzlichen *Bogen-Stabilisierungszyklen*. als Untersetzung zum *Grundtakt* des Unilac. Siehe auch Property IQSEQU. Dies ist nur beim Quellentyp *PENNING mit Bogen-Stabilisierungszyklen* möglich, bei allen anderen Quellen ist dieser Wert 0.
6. Quellenpulslänge. Siehe Property IQLEN.
7. Quellenpulsvorlauf. Siehe Property IQLEN.
8. Quellenhilfspulsvorlauf. Siehe Property IQLEN.
9. Strahl diagnose-Meßpulslänge. Siehe Property IQLEN.
10. Strahl diagnose-Meßpuls vorlauf. Siehe Property IQLEN.
11. Minimale Ausführungshäufigkeit der Quelle. Dieser Wert entspricht der Anzahl von *Grundtakt*en des Unilac, die für die Ausführung eines Quellenzklus benötigt werden.
12. Aktuelle Ausführungsrate der Quelle als Anzahl von Ausführungen in den letzten 5 Sekunden.

26.2.21 IQACTIV

Bedeutung: Setzen bzw. Lesen des *Aktivzustands* der angegebenen Quelle. Eine *inaktive* Quelle läuft nur noch lokal im Quellenbereich mit der eingestellten Rate ab, versorgt aber keine Beschleuniger mehr mit Strahl. Eine Änderung des *Aktivzustands* einer Quelle wird von der Pulszentrale als Alarm gemeldet.

Parameter: 1 BitSet16 Wert, der die Quelle bezeichnet.

Nummer	Quelle
1	Unilac Rechts
2	Unilac Links
3	HLI (EZR)

Daten: Das Datum kann nur zwei Werte annehmen:

- 0:** Ausführung der Quelle nur noch lokal. Alle Beschleuniger, die Strahl aus dieser Quelle beziehen werden nicht mehr ausgeführt.
- 1:** Quelle ist aktiv und beliefert die Beschleuniger mit Strahl.

26.2.22 IQSEQU

Bedeutung: Setzen bzw. Lesen der gewünschten Quellentaktrate. Diese Rate ist der Grundtakt für alle Beschleuniger, die aus dieser Quelle versorgt werden.

Parameter: 1 BitSet16 Wert, der die Quelle bezeichnet.

Nummer	Quelle
1	Unilac Rechts
2	Unilac Links
3	HLI (EZR)

Daten: Abhängig vom angegebenen Quellentyp haben die 1 bis 2 Werte folgende Bedeutung:

1. Ausführungshäufigkeit der Quelle als Untersetzung zum *Grundtakt* des Unilac (derzeit 50 Hz). z. B. :
 - 1**: keine Untersetzung, Ausführung in jedem Takt.
 - 4**: Ausführung in jedem 4-ten Takt, also 3 Takte Pause nach jeder Ausführung (unabhängig davon wie lange ein Quellenpuls dauert).
 - 0**: Sonderfall! Ausführung ungetaktet (also nicht regelmäßig) nur auf Anforderung. Das ist bisher nur bei MEVVA- und CHORDIS-Quellen zulässig.
2. Ausführungshäufigkeit der zusätzlichen *Bogen-Stabilisierungszyklen*. Dies ist nur beim Quellentyp *PENNING mit Bogen-Stabilisierungszyklen* möglich, bei allen anderen Quellen entfällt dieser Wert.

über die Property IQINFO (siehe Abschnitt 26.2.18 auf Seite 86) kann festgestellt werden, wieviele Werte versorgt bzw. erwartet werden müssen.

26.2.23 IQLEN

Bedeutung: Setzen bzw. Lesen des gewünschten Quellentimings. Abhängig vom Quellentyp können 1 bis 3 Werte eingestellt werden. Folgende Tabelle zeigt, wieviel Werte für die einzelnen Quellentypen erforderlich sind:

Quellentyp	Anzahl der Parameter
PENNING	2
PENNING m. Bogenpulsen	2
PENNING m. Gasvorl.	3
CHORDIS bzw. MUCIS	1
MEVVA	2
EZR-DC-50Hz	1
EZR-Afterglow	2

Abbildung 23.1.4 auf Seite 61 soll die Unterschiede verdeutlichen.

Die eingestellte Pulslänge der Quelle definiert das Timing für alle Beschleuniger, die aus dieser Quelle versorgt werden. Wenn also das Quellentiming geändert wird, kann sich u. U. auch das Timing der davon abhängigen Beschleuniger ändern.

Parameter: 1 BitSet16 Wert, der die Quelle bezeichnet.

Nummer	Quelle
1	Unilac Rechts
2	Unilac Links
3	HLI (EZR)

Daten: Abhängig vom angegebenen Quellentyp haben die bis zu 3 Werte folgende Bedeutung.

PENNING u. PENNING mit Bogenpulsen:

- Pulslänge 0.5 ... 10 ms
- Vorlauf Bogenpuls 0 ... 10 ms

PENNING mit Gasvorlauf:

- Pulslänge 0.1 ... 10 ms
- Vorlauf Bogenpuls 0 ... 10 ms
- Vorlauf Gas 0 ... 50 ms

Abhängig von den eingestellten Zeiten kann dieser Quellentyp mehr als einen *Unilac-Grundtakt* zur Ausführung benötigen. Die Ausführungshäufigkeit der Quelle muß zuvor entsprechend eingestellt (verringert) werden.

CHORDIS bzw. MUCIS:

- Pulslänge 0.1 ... 10 ms

MEVVA:

- Pulslänge 0.1 ... 5 ms
- Vorlauf Magnetfeld 0 ... 15 ms

EZR-DC-50Hz:

- Pulslänge 0.1 ... 10 ms

EZR-Afterglow:

- Pulslänge 0.1 ... 0.5 ms
- Vorlauf HF ≤ 50 ms

Abhängig von den eingestellten Zeiten kann dieser Quellentyp mehr als einen *Unilac-Grundtakt* zur Ausführung benötigen. Die Ausführungshäufigkeit der Quelle muß zuvor entsprechend eingestellt (verringert) werden.

über die Property IQINFO (siehe Property IQINFO auf Seite 86) kann festgestellt werden, wieviele Werte versorgt bzw. erwartet werden müssen.

In Abschnitt 23.1.4 auf Seite 60 werden die Abhängigkeiten der verschiedenen Quellenparameter untereinander und die Berechnung der Eventabstände näher erläutert.

26.2.24 IQSDLEN

Bedeutung: Setzen bzw. Lesen des gewünschten Meßzeitfensters innerhalb des Quellenpulses. Die Strahldiagnose im Quellenabschnitt mißt den Quellenpuls nur innerhalb dieses Zeitfensters und zwar unabhängig von der Beschleunigereinstellung

Die Pulszentrale sorgt dafür, daß die eingestellte Pulslänge mit der eingestellten Vorlaufzeit innerhalb des Quellenpulses liegt. Sollte dies nicht möglich sein, wird zuerst der Vorlauf und danach die Pulslänge auf das maximal mögliche reduziert und das Ergebnis per Alarm gemeldet (der Alarm beinhaltet die Quellenummer, die verbleibende Pulslänge und die Vorlaufzeit).

Die Einstellung des Strahldiagnose-Meßzeitfensters beeinflußt das Quellentiming nicht!

Parameter: 1 BitSet16 Wert, der die Quelle bezeichnet.

Nummer	Quelle
1	Unilac Rechts
2	Unilac Links
3	HLI (EZR)

Daten: Die 2 Werte haben folgende Bedeutung.

- Meßpulslänge [μ s]
- Meßpulsvorlauf [μ s]

26.2.25 IQMODE

Bedeutung: Setzen bzw. Lesen des Anforderungsmodus einer Ionenquelle. Eine Quelle, die im Anforderbetrieb läuft, wird nur dann gezündet, wenn eine entsprechende Anforderung eines Beschleunigers vorliegt. Dabei gilt aber unabhängig davon die eingestellte Untersetzung. D. h. ein Beschleuniger kann eine Quelle nur so häufig anfordern, wie die Quellenuntersetzung es zuläßt.

Parameter: 1 BitSet16 Wert, der die Quelle bezeichnet.

Nummer	Quelle
1	Unilac Rechts
2	Unilac Links
3	HLI (EZR)

Daten: Das Datum kann folgende Werte annehmen.

- 0:** getaktet (siehe oben)
- 1:** Ausführung nur auf Anforderung

26.3 Die Slave-Properties

Slave-Properties							
Property	Klasse	Parameter		Daten		Größe	
		Anz.	Typ	Anz.	Typ	Einh.	Exp.
ACTIV	R/W	0	-	1	BitSet16	1	0
COPYSET	W	0	-	1	BitSet16	1	0
EQMERROR	RA	0	-	348	Integer32	1	0
ACCDEFLT	N	0	-	0	-	1	0
ACCDESCR	RA	0	-	12	Integer32	1	0
ACCACTIV	R/W	0	-	1	Integer32	1	0
ACCSTATE	R	0	-	1	Integer32	1	0
ACCMODE	R/W	0	-	1	Integer32	1	0
ACCVIA	R/W	0	-	1	Integer32	1	0
ACCSEQU	R/W	0	-	1	Integer32	1	0
ACCLEN	R/W	0	-	3	Integer32	1	0
ACCHC	R/W	0	-	1	Integer32	1	0
ACCSTAT	RA	1	BitSet16	48	structure	1	0
ACCBLOCK	W	0	-	1	Integer32	1	0
ACCTRIGD	W	0	-	1	Integer32	1	0

26.3.1 ACTIV

Bedeutung: Gibt an, ob das Gerät für den zugehörigen virtuellen Beschleuniger an der Puls-zu-Puls-Modulation teilnehmen soll bzw. teilnimmt.

Das Gerät Unilac-Pulszentrale nimmt immer für alle Beschleuniger an der PPM teil. Ein Versuch ACTIV zu Schreiben führt zu einer entsprechenden Fehlermeldung.

Parameter: Keine.

Daten: Das Datum kann nur den Wert *Eins* annehmen. Das heißt, das Gerät nimmt für den zugeordneten Beschleuniger an der PPM teil bzw. soll an der PPM teilnehmen.

26.3.2 COPYSET

Bedeutung: Kopiert alle Geräteeinstellungen (Sollwerte) eines virtuellen ('fremden') Beschleunigers in den zugehörigen ('eigenen') Beschleuniger.

Parameter: Keine.

Daten: Nummer des virtuellen ('fremden') Beschleunigers, von dem die Einstellungen (Sollwerte) kopiert werden sollen.

26.3.3 EQMERROR

Bedeutung: Fehlermeldungen der auf der SE installierten Gerätesoftware. Es werden die aktuellen Fehlermeldungen sowohl für die Masterfehler als auch für die Slavefehler der Geräteebene geliefert. Dazu wird auch der Inhalt des Fehlerpuffers zurückgegeben, in dem die letzten aufgetretenen Fehler abgespeichert wurden.

Parameter: Keine.

Daten: Die Anzahl der Fehlermeldungen sei bezeichnet durch:

m Zahl der Master-Fehlermeldungen

s Zahl der Slave-Fehlermeldungen

b Größe des Fehlerpuffers

Weiterhin soll gelten:

$$l = m + s$$

$$t = m + s + b$$

Die Daten im Einzelnen:

1 : In den unteren beiden Bytes sind die Anzahl der Master-Fehlermeldungen m und die Anzahl der Slave-Fehlermeldungen s angegeben:

0	0	s	m
---	---	-----	-----

2 : erste Master-Fehlermeldung

⋮

$m + 1$: letzte Master-Fehlermeldung

$m + 2$: erste Slave-Fehlermeldung

⋮

$l + 1$: letzte Slave-Fehlermeldung

$l + 2$: Länge b des Fehlerpuffers

$l + 3$: Zahl der Einträge im Fehlerpuffer

$l + 4$: Index des ersten freien Platzes im Fehlerpuffer (der Fehlerpuffer ist ein Ringpuffer)

$l + 5$: Erster Speicherplatz im Fehlerpuffer

⋮

$t + 4$: Letzter Speicherplatz im Fehlerpuffer

26.3.4 ACCDEFLT

Bedeutung: Setzen der *Defaultwerte* für einen Beschleuniger.

Parameter: Keine

Daten: Keine

26.3.5 ACCDESCR

Bedeutung: Lesen aller eingestellten Parameter eines virtuellen Beschleunigers.

Parameter: Keine.

Daten: Die 12 Werte haben folgende Bedeutung:

1. Ausführungsmodus des Beschleunigers. Siehe Property ACCACTIV.
2. Ausführbarkeit des Beschleunigers. Siehe Property ACCSTATE.
3. Anforderungsmodus des Beschleunigers. Siehe Property ACCMODE.
4. Strahlwegkey. Siehe Property ACCVIA.
5. Ausführungshäufigkeit des Beschleunigers als Untersetzung der Ausführungshäufigkeit der verwendeten Quelle. Siehe Property ACCSEQU.

6. Strahlpulslänge. Siehe Property ACCLLEN.
7. Strahlpulsverzögerung. Siehe Property ACCLLEN.
8. Strahlpulsvorlauf. Siehe Property ACCLLEN.
9. Aktuelles Experiment-Pretrigger-Delay. Siehe Property ACCTTRIGD.
10. Ausführung des Beschleunigers als *Hochstrom*-Beschleuniger. Siehe Property ACCHC.
11. Aktuelle Ausführungsrate des Beschleunigers als Anzahl von Ausführungen in den letzten 5 Sekunden.
12. Aktuelle Profiggitterschutz-Pulslänge.

26.3.6 ACCACTIV

Bedeutung: Setzen bzw. Lesen des Ausführungsmodus eines Beschleunigers. Folgende Einstellungen sind möglich:

inaktiv, suspendiert: Der Beschleuniger wird nicht ausgeführt. Er wird bei der Berechnung des *Superzyklus* nicht berücksichtigt und verbraucht keine Strahlzeit.

aktiv mit Strahl: Der Beschleuniger wird ausgeführt und der zugehörige Chopper freigegeben.

aktiv mit verkürztem Chopper: Der Beschleuniger wird mit einem möglichst kurzen (??? 50 μ s) Strahlpuls ausgeführt. Diese Einstellung ist eigentlich nur für den *Hochstrombetrieb* interessant und noch nicht ganz genau definiert .

aktiv ohne Strahl: Der Beschleuniger wird ausgeführt, der zugehörige Chopper wird aber *blockiert*. D. h. der Beschleuniger wird ganz normal aber *ohne Strahl* ausgeführt.

Eine Änderung des Ausführungsmodus eines Beschleunigers wird von der Pulszentrale als Alarm gemeldet.

Parameter: Keine.

Daten: Das Datum gibt Ausführungsmodus des Beschleunigers an:

Wert	Modus
0	inaktiv, suspendiert
1	aktiv mit Strahl
2	aktiv mit verkürztem Chopperpuls
3	aktiv ohne Strahl

26.3.7 ACCSTATE

Bedeutung: Lesen der Ausführbarkeit eines Beschleunigers.

Bei der Einstellung der Beschleunigerparameter oder der Quellenparameter können u. a. folgende Konflikte auftreten:

- Das Beschleunigertiming (Strahlpulslänge und Strahlpulsvorlauf) ist mit dem Quellentiming (Quellenpulslänge) nicht vereinbar.
- Der Beschleuniger wird *anforderbar* (siehe Property ACCMODE) gesetzt, aber das eingestellte Strahlziel kann nicht anfordern (weil es z. B. ein *Zwischenziel* ist).

Die Pulszentrale sorgt selbständig dafür, daß ein Beschleuniger erst dann *ausführbar* wird, wenn keine Konflikte mit anderen Einstellungen mehr bestehen (siehe Abschnitt 23.1.1 auf Seite 59). Änderungen am *Ausführbarkeitszustand* eines Beschleunigers werden per Alarm gemeldet.

Parameter: Keine.

Daten: Der 32bit Ausführbarkeitszustand. Die Bitbelegung ist in Abschnitt 23.1.1 auf Seite 59 erläutert.

26.3.8 ACCMODE

Bedeutung: Setzen bzw. Lesen des Anforderungsmodus eines Beschleunigers. Folgende Anforderungsmoden sind möglich:

getaktet, periodisch: Der Beschleuniger wird periodisch ausgeführt. Von allen Betriebsbeschleunigern mit dem Strahl-Ziel **TKU**, **TKG** oder **TKD** kann nur einer in diesem Modus ausgeführt werden. Dabei gilt das Prinzip: Der letzte gewinnt, d.h. wenn der Anforderungsmodus „getaktet“ für einen Beschleuniger eingestellt werden soll, wenn er schon für einen anderen Beschleuniger eingestellt ist, wird dieser Beschleuniger auf den Anforderungsmodus „anforderbar“ (ohne Taktung) gesetzt und ein entsprechender Alarm gemeldet. Im Anforderungsmodus „getaktet“ kann ein Beschleuniger mit dem Strahl-Ziel **TKU**, **TKG** oder **TKD** zusätzlich angefordert werden.

anforderbar: Beschleuniger wird nur auf Anforderung ausgeführt. Je nach zugeordnetem Strahl-Ziel ist die Anforderung aus der Experimentierhalle oder die Anforderung aus dem Transferkanal gemeint⁶.

Parameter: Keine.

Daten: Das Datum kann folgende Werte annehmen.

0: getaktet (siehe oben)

1: Ausführung nur auf Anforderung

26.3.9 ACCVIA

Bedeutung: Setzen bzw. Lesen des *Strahlwegkey*. Der *Strahlwegkey* beschreibt den Weg, über den ein Beschleuniger von der Quelle zum Ziel kommt. Die Pulszentrale selbst benötigt nur die Informationen über Quelle und Ziel, da über die Pulszentrale aber auch das Interlock-überwachungs-System und die Choppersteuerung versorgt wird, müssen auch alle *alternativen* Strahlwege (**Unilac-Stripper** und **TK-Stripper**) angegeben werden.

Der *Strahlwegkey* unterliegt folgenden Konventionen:

- jede Herkunft-Via Kombination ist eindeutig in einer 2-stelligen Zahl kodiert.
- jedes mögliche Strahlziel ist eindeutig in einer 3-stelligen Zahl kodiert.
- der gesamte Strahlweg ergibt sich aus der Kombination der beiden Zahlen und ist damit 5-stellig. Wobei Herkunft-Via in den beiden höherwertigen Dezimalstellen und das Strahlziel in den 3 niederwertigen Dezimalstellen untergebracht ist.

⁶Die Zuordnung zu den Anforderungseingängen der Experimentierhalle ist eindeutig, da jedes der Strahl-Ziele **UX**, **UY**, **UZ** und **UM** nur höchstens einem Betriebsbeschleuniger zugeordnet sein kann: Die Strahlzweige in der Experimentierhalle sind in sich nicht umtastbar, deshalb darf jeder der Strahlzweige nur durch je einen Beschleuniger beliefert werden.

Eine Änderung des *Strahlwegkey* wird von der Pulszentrale als Alarm gemeldet.

Parameter: Keine.

Daten: Das Datum kann folgende Werte annehmen:

Herkunft-Via: Die am Unilac möglichen Herkunft-Via-Kombinationen sind folgendermaßen kodiert:

Herkunft-Via	Wert
UL-UL	01
UL-GS, -GR, -GG, -GL	02
UL-AS, -AR, -AG, -AL	03
UR-UR	05
UR-GS, -GR, -GG, -GL	06
UR-AS, -AR, -AG, -AL	07
UN-NS, -NR, -NG, -NL	10

Ziel: Die möglichen Strahlziele am Unilac sind folgendermaßen kodiert:

Via-Ziel	Werte
UH1	100
US	110
US3	115
UU	120
UN1	125
UN7	130
TKU	140
TKG	150
TKD	160
UX0	200
UX1	210
UX2	220
UX3	230
UX4	240
UX5	250
UX6	260
UX7	270
UX8	280
UX9	290
UM1	350
UM2	360
UM3	370
UY2	400
UY5	410
UY6	420
UY7	430
UY9	440
UZ4	500
UZ5	510
UZ6	520
UZH	530

Beispiele für Strahlwegkeys:

Strahlweg	Herkunft-Via	Ziel	Strahlwegkey
UL-AS-UX5	03	250	03250
UR-AG-TKU	07	140	07140
UN-UN-TKG	10	150	10150

26.3.10 ACCSEQU

Bedeutung: Setzen bzw. Lesen der Ausführungshäufigkeit eines Beschleunigers als Untersetzung der Ausführungshäufigkeit der verwendeten Quelle.

Parameter: Keine.

Daten: Das Datum gibt die Ausführungshäufigkeit des Beschleunigers als Untersetzung der Ausführungshäufigkeit der verwendeten Quelle an.

26.3.11 ACCLN

Bedeutung: Setzen bzw. Lesen der gewünschten Strahlpulslänge, der Verzögerung der Strahlgültigkeit und des Strahlpulsbeginns bzgl. des Quellenpulses.

Die Einstellwerte für die Betriebsbeschleuniger sind nicht unabhängig von der Einstellung der Ionen-Quelle. Die Strahlpulslänge und die Strahlpulsverzögerung dürfen zusammen mit dem Strahlpulsvorlauf nicht größer sein als die Quellenpulslänge.

Parameter: Keine.

Daten: Die 3 Werte haben folgende Bedeutung.

1. Strahlpulslänge ($50 \mu s \dots 1 ms$): Die Länge des für die Beschleunigung genutzten Strahlpulses.
2. Strahlpulsverzögerung ($0 \dots 250 \mu s$): Legt fest, wann der für die Beschleunigung genutzte Strahlpuls gültig ist (beginnend mit dem Chopperpuls). Im Hochstrombetrieb benötigen die HF-Sender einige μs um die *beam-loading*-Effekte zu kompensieren und stabile Strahlverhältnisse herzustellen.
3. Strahlpulsvorlauf ($0 \dots 10 ms$): Legt fest, wann der für die Beschleunigung genutzte Teil des Strahles beginnt (ab dem Zeitpunkt, ab dem der Quellenpuls stabil steht, also für die Beschleunigung genutzt werden kann).

In Abschnitt 23.1.4 auf Seite 62 werden die Abhängigkeiten der verschiedenen Beschleunigerparameter untereinander und die Berechnung der Eventabstände näher erläutert.

26.3.12 ACCHC

Bedeutung: Setzen bzw. Lesen, ob ein virtueller Beschleuniger speziell gekennzeichnet werden soll. Besondere Kennzeichnungen sind:

Hochstrombeschleuniger Diese Markierung ist vor allem für die HF (andere Regelung wegen *beam-loading*) und den Profiligitterschutz (verkürzter Chopperpuls) wichtig.

Hoch-B ρ -Beschleuniger Diese Markierung ist vor allem für Magnetstrom-Versorgungen und die HF-Anlagen wichtig.

Parameter: Keine.

Daten: Das Datum kann nur die Werte $0 \dots 3$ annehmen:

0: Keine Kennzeichnung

- 1: Beschleuniger ist ein *Hochstrombeschleuniger*.
- 2: Beschleuniger ist ein *Hoch-B ρ -Beschleuniger*.
- 3: Beschleuniger ist sowohl *Hochstrombeschleuniger* als auch *Hoch-B ρ -Beschleuniger*.

26.3.13 ACCSTAT

Bedeutung: Lesen der Ausführungsstatistik für einen virtuellen Beschleuniger.

Parameter: Optional kann angegeben werden, daß die Ausführungsstatistik für diesen Beschleuniger nach dem Lesen initialisiert werden soll.

Daten: Die 48 Byte Daten sind folgendermaßen strukturiert:

Byte	Datentyp	Bedeutung
1... 16	Beschleunigerstatistik der Frühschicht	
1... 4	Real	Gesamtstrahlpulslänge (in s)
5... 8	BitSet32	Strahlpulsanzahl
9... 16	Datum und Uhrzeit der Initialisierung	
9	BitSet8	Jahr
10	BitSet8	Monat
11	BitSet8	Tag
12	BitSet8	Wochentag
13	BitSet8	Stunde
14	BitSet8	Minute
15	BitSet8	Sekunde
16	BitSet8	1/100 Sekunde
17... 32	Beschleunigerstatistik der Spätschicht	
33... 48	Beschleunigerstatistik der Nachtschicht	

26.3.14 ACCBLOCK

Bedeutung: Festlegen, ob ein Beschleuniger ausgeführt werden darf oder nicht. Erst wenn nach Änderungen im INIT von den Operatingprogrammen alle notwendigen Vorbereitungen für die Ausführung eines Beschleunigers (Versorgung der benötigten Geräte mit Sollwerten, ...) fehlerfrei durchgeführt werden konnten, wird die Ausführung des Beschleunigers freigegeben.

Parameter: Keine.

Daten: Das Datum kann nur zwei Werte annehmen. Null heißt, der Beschleuniger soll freigegeben werden. Eins heißt, der Beschleuniger soll *nicht* freigegeben werden.

26.3.15 ACCTRIGD

Bedeutung: Festlegen des vom Experimentator gewünschten Triggerzeitpunktes. Abbildung 26.3.15 auf Seite 99 zeigt schematisch wie das Triggersignal innerhalb eines Unilac-Zyklus einzuordnen ist.

Parameter: Keine.

Daten: Das Datum gibt die vom Experimentator gewünschte Delayzeit in μs an. Werte < 0 bedeuten, daß der Trigger vor dem Strahlpuls erfolgt. Werte > 0 bedeuten, daß der Trigger nach dem Strahlpuls erfolgt.

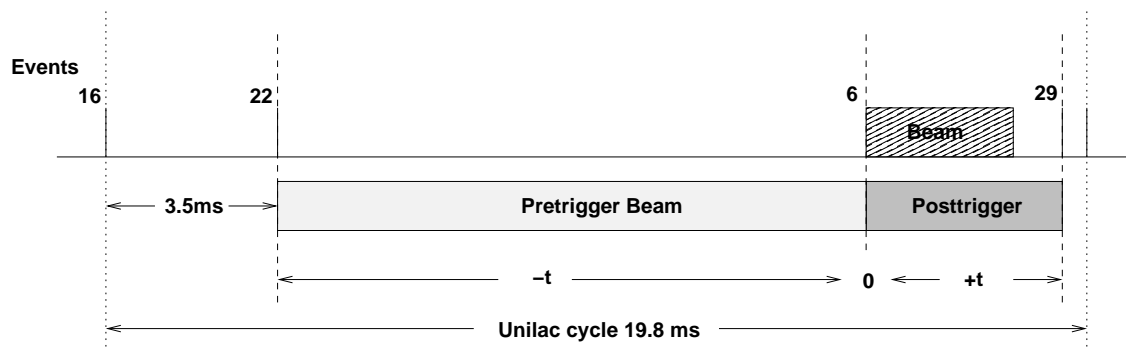


Abbildung 22: Triggerpuls für Experimente

Literatur

- [1] P. Kainberger, *Unilac-Pulszentrale: Systemanalyse*, B-GSW-01, 18. April 1997

Index

—Symbole —

Änderungsprotokoll	2
örtliche Ausdehnung der Betriebsbeschleuniger	
16	

—A—

Abfolge der Betriebsbeschleuniger	18
Abriß	2
Abschnitte	9
• Interlock	10
• Interlock-Unterabschnitte	11
• nicht am Therapie-Betrieb beteiligte ..	32
• Profiltmitter	12
• Quellen	19
– Begriffsbestimmung	19
• Timing	9
• Transferkanal	27
– Anforderung	27
– Anforderungsmechanismus	27
– Vorbereitung	27
Abschnittstassen	52
Aktivitäten am Ende eines Zyklus	72
Aktivitäten bei der Berechnung des Superzyklus	
72	
Aktivitäten während eines Zyklus	72
Aktivitäten zu Beginn eines Zyklus	72
Anfordereingang	24
Anforderung von Betriebsbeschleunigern ..	25
Anlagen-Interlocks	34
Aufbau der Betriebsbeschleuniger	17
Aufbau des Quellen-Timings	19
Ausführbarkeits-Status	59
Ausführungshäufigkeit	23, 24
• Transferkanal	24
• Untersetzung	23
Austausch von Systemevents	58
Austausch von Zyklusinformationen	58

—B—

Begriffe	7
• Anlagen-Interlock	7
• Beschleunigungs-Abschnitt	7
• Beschleunigungs-Zyklus	7
• Betriebsbeschleuniger	7
• Event-Folge	7
• Event-Sequenz	7

• Globale Events	7
• Interlock-Abschnitt	7
• Interlock-Unterabschnitt	7
• Ionen-Quelle	19
• Konditionierungsbeschleuniger	7
• Lokale Events	7
• Markierungs-Events	7
• Profiltmitter-Abschnitt	7
• Quellen-Abschnitt	7, 19
• Quellen-Timing	8, 19
• Quellenbeschleuniger	7
• Quellenpuls	8
• Stabilisierungs-Zyklus	8
• Strahl-Pfad	8
• Strahl-Quelle	8, 19
• Strahl-Ziel	8
• Strahlpuls	8
• Superzyklus	8
• Superzyklus-Pulszentrale	8
• Therapie-Beschleuniger	8
• Timing	8
• Timing-Abschnitt	8
• Unilac-Interlocksystm	8
• Unilac-Zyklus	8
• Vorbereitungs-Events	8
• Zyklus-Pulszentrale	8

Berechnung

• Abhängigkeiten	59
• Ausführbarkeits-Status	59
• Beschleuniger-Timing	62
• Datensynchronisierung	59
• Grundlagen	60
– 50 Hz	60
• Quellen-Timing	60
• Superzyklus-/Zyklus-Pulszentralen ..	59

Beschleuniger

• Betriebsbeschleuniger	16
– ohne Strahl	35
• TK-Zustände	68
• Zustände	69
Beschleunigerzustände	69
Besonderheiten	77
• Therapie-Betrieb	77

Betriebsbeschleuniger	16, 35
Betriebsstatistik	38

—C—

Choppersteuerung	32
------------------------	----

Choppersteuerung/Interlocksystem 39

—D—

Design-Ziele 9

—E—

EH-Strahlwege 52

Einführung 9

Einordnung der Events 15

Einteilung in Timing-Abschnitte 9

Einzelschuss-Messwertaufnahme 36

Erhaltung der Abfolge der Betriebsbeschleuniger 18

Events

• Einordnung 15

• Globale 15

• Lokale 15

• Markierungs- 15, 29, 36

• Service- 15, 58

• spezielle 71

• Vorbereitungs- 15

Events mit spezieller Bedeutung 71

Experiment-Synchronisierungspulse 37

Experimentierplatz-Umschaltung 54

—F—

Funktionsbeschreibung 7

Funktionscodes 45

—G—

Gerät

• 50-Hz-Generator 44

– 100Hz-Sync-Signal 44

– Master-Sync-Signal 44

– Slave-Sync-Signal 44

• Choppersteuerung 39, 55

• Hardware

– Event-Piggy 58

• Interlock 57

• Interlocksteuerung 50

• Interlocksystem 39

• Kommunikation 58

• logisches 39

• Rahmenpulsgenerator 56

• Repräsentation 79

• Schnittstellen 42

– 32-Bit-I/O 46

– Abschnittstassen 52

– Belegung 47

– Choppersteuerung 55

– EH-Strahlwege 52

– Event-Piggy 49

– Gerätinterlocks 50

– Interlocksystem 50

• Software 59

– Abschnittsmasken 66

– Anforderungsbedingungen 67

– Beschleunigerzustände 69

– Profilgitter-Abschnitts-maske 67

– SIS-Strahlanforderung 68

– Superzyklus-Berechnung 70

– Superzyklus-Pulszentrale 66

– TK-Zustände 68

– Zyklus-Pulszentralen 71

Geräteinterlocks 50

Gerätemodell 79

• Kennzeichnung 79

• Master-Properties 79

• Slave-Properties 92

Globale Events 15

Grundlagen 9

Grundtakt der Ausführung 23

—H—

Hardware

• überwachung der Netzfrequenz 44

• 50-Hz-Generator 44

– 100Hz-Sync-Signal 44

– Master-Sync-Signal 44

– Slave-Sync-Signal 44

• Modulbus 42, 45

• Rahmenpulsgenerator 56

Hochstrom 32

• Betriebsart 32

• Kennzeichnung 32

• Strahlpulsverkürzung 32

—I—

Interfacekarte 45

Interlock 57

Interlock-Abschnitte 10, 51

Interlock-Abschnittstassen 53

Interlock-Unterabschnitte 11

Interlocksystem 32

• Abschnitte 34

• Anlagen-Interlocks 34

• Aufgaben 32

- Kennzeichnung des Anlagenzustandes .. 36
- Pulsabbruch.....33
- Pulsunterdrückung..... 33
- Quellen-Chopper.....32
- Rückmeldesignale..... 33
- Reduktion der Strahlpulsleistung..... 34
- Steuerung der Quellen-Chopper..... 33
- Strahlabbruch.....32
- Unterabschnitte.....34
- Zuordnung der Quellen-Chopper.....34

Ionen-Quelle.....19

—K—

Kennzeichnung des Anlagenzustandes..... 36

Kommunikation zwischen den Pulszentralen.58

Konditionierungs-Zyklen.....30

Konfigurationsabfrage..... 57

—L—

Literatur..... 100

logisches Gerät..... 39

Lokale Events.....15

—M—

Magneteinstellungen in Unilac-Zyklen ohne
Strahl..... 19

Markierungs-Events.....15

Master-Properties..... 79

Messstation.....56

Modulbus..... 45

- 32-Bit-I/O..... 46
 - Adressen.....46
 - Belegung.....47
- EPLD-ID..... 45
- Event-Piggy.....49
 - Adressen.....49
- Konfiguration..... 57
- Modul-Adresse..... 45
- Modul-ID..... 45
- Modulskalierung.....45
- Standard-Sub-Adressen.....45

—O—

Optionen..... 38

- Sparmechanismen..... 38

—P—

Prioritätssteuerung von Betriebsbeschleunigern
26

Profilgitter-Abschnitte..... 12

Profilgitterschutz..... 35

- Aktivierung..... 35
- Aufgabe.....35
- Mechanismus.....35
- Unterdrückung des Strahls..... 35
- Untersetzungsrate..... 35

Properties

- ACCACTIV.....94
- ACCBLOCK.....98
- ACCDEFLT..... 93
- ACCDESCR..... 93
- ACCHC.....97
- ACCLEN..... 97
- ACCMODE.....95
- ACCSEQU.....97
- ACCSTAT..... 98
- ACCSTATE.....94
- ACCTRIGD..... 98
- ACCVIA.....95
- ACTIV..... 92
- ASYNCDAT..... 82
- COPYSET.....92
- EHDACC..... 84
- EQMERROR..... 92
- INFOSTAT..... 80
- INIT..... 80
- IQACTIV..... 88
- IQAVTYPE.....86
- IQDESCR..... 88
- IQINFO.....86
- IQLEN.....89
- IQMODE..... 91
- IQSDLEN.....90
- IQSEQU..... 89
- IQTYPE.....87
- Master-..... 79
- POWER..... 80
- PZINFO..... 82
- PZMODE..... 83
- RESET..... 80
- RFCOND..... 85
- RFDESCR..... 85
- RFINFO..... 84
- RFSTAB..... 85
- Slave-..... 92
- STATUS..... 80
- SUPCYCLE..... 83

- VERSION 80
- ZEROMODE 84
- Pulsrate 22, 93
- Pulszentrale
 - Design-Ziele 9
 - Umfang 9

—Q—

Quellen

- Abschnitt 19
- Abschnitte
 - Begriffsbestimmung 19
- Pulslänge 22
- Taktrate 22, 93
- Timing 19, 20
 - Aufbau 19
- Vorlauf 22
- Zyklen 21, 23

Quellen-Abschnitt 19

Quellen-Abschnitte 19

Quellen-Timing 19

Quellen-Zyklen 23

Quellenpulslänge 22

Quellenvorlauf 22

—R—

Realisierung in Hard- und Software 39

Reduktion der Strahlpulsleistung 34

Repräsentation des Gerätes 79

—S—

Schnittstelle des Event-Piggy 49

Schnittstelle zum Interlocksystem 50

Schnittstelle zur Choppersteuerung 55

Schnittstellen der Unilac-Pulszentrale 42

Service-Event 58

SIS-Strahlanforderung 68

- TK-Zustände 68

Slave-Properties 92

Software der Superzyklus-Pulszentrale 66

Software der Unilac-Pulszentrale 59

Software der Zyklus-Pulszentralen 71

Sonstiges 37

- Betriebsstatistik 38
- Experiment-Synchronisierpuls 37
- Targetrad-Synchronisation 37

Stabilisierungs-Zyklen 30

Strahl-Quelle 19

Strahlweg

- Quellen 14
- Ziele 14

Strahlwegbeschreibung 14

Superzyklus 23

—T—

Therapie-Betrieb 31

- Betriebsart 31, 77
- Betriebsbeschleuniger 31
- Sollwerte 32
- TK-Zwischenpulse 32
- Umschaltung 31
- Umschaltung der Betriebsart 31
- Verriegelung 31
- Vorbereitung 77

Timing

- Beschleuniger 62
- Diagramme 72
- Quellen 60

Timingdiagramme 72

- Aktivitäten am Ende eines Zyklus 72
- Aktivitäten bei der Berechnung des Superzyklus 72
- Aktivitäten während eines Zyklus 72
- Aktivitäten zu Beginn eines Zyklus 72
- Legende 72

TK-Freigabe 69

TK-Zustände 68

—U—

Umfang der Pulszentrale 9

Unilac-Choppersteuerung 32

Unilac-Interlocksystem 32

Unilac-Zyklen ohne Strahl 19

Unterteilung der Timing-Abschnitte 10

—V—

Virtuelle Beschleuniger 16

- Betriebsbeschleuniger 16
 - Örtliche Ausdehnung 16
 - Abfolge 18
 - anforderbar 24
 - Anforderung 25
 - Aufbau 17
 - Ausführung 26
 - Ausführungsart 24
 - Ausführungshäufigkeit 23, 24

- Event-Folgen 29
- getaktet 24, 25
- Markierung 25
- ohne Strahl 35
- Prioritätssteuerung 26
- Strahlpulslänge 29
- Strahlpulsverzögerung 29
- Therapie-Beschleuniger 31
- Vorbereitung 27
- Vorbereitungszeiten 25
- Einteilung 16
- Konditionierungs-Zyklen 30
- Stabilisierungs-Zyklen 30
 - HF 30
 - Quellen 30
- Therapie-Betrieb 31
- Vorbereitung eines Betriebsbeschleunigers ... 27
- Vorbereitungs-Events 15
- Vorbereitungszeiten 25

—W—

Wiederholrate 22, 93

—Z—

Zyklusmarkierung 36