



# PERCUSSION ASSISTED RADIOTHERAPY (PART):

**Eine Herausforderung für  
MRTs, Patienten ohne  
Atembewegungen zu  
behandeln, um eine  
kardiopulmonale Toxizität zu  
verhindern**

*Duclos F<sup>a</sup>, Péguret N<sup>a</sup>, Ozsahin M<sup>a</sup>, Moeckli  
R<sup>b</sup>, Zeverino M<sup>b</sup>, Thengumpallil S<sup>b</sup>, Soares  
Rodrigues J<sup>a</sup>, Belmondo B<sup>c</sup>, Simons J<sup>c</sup>,  
Long O<sup>c</sup>, Grant K<sup>c</sup>, Bourhis J<sup>a</sup>.*

<sup>a</sup> Department of Radiation Oncology,

<sup>b</sup> Institute of Radiation Physics,

<sup>c</sup> Department of Physiotherapy,

CHUV and University of Lausanne,  
Lausanne, Switzerland



# Atemkontrolle während der Behandlung



Freie Atmung

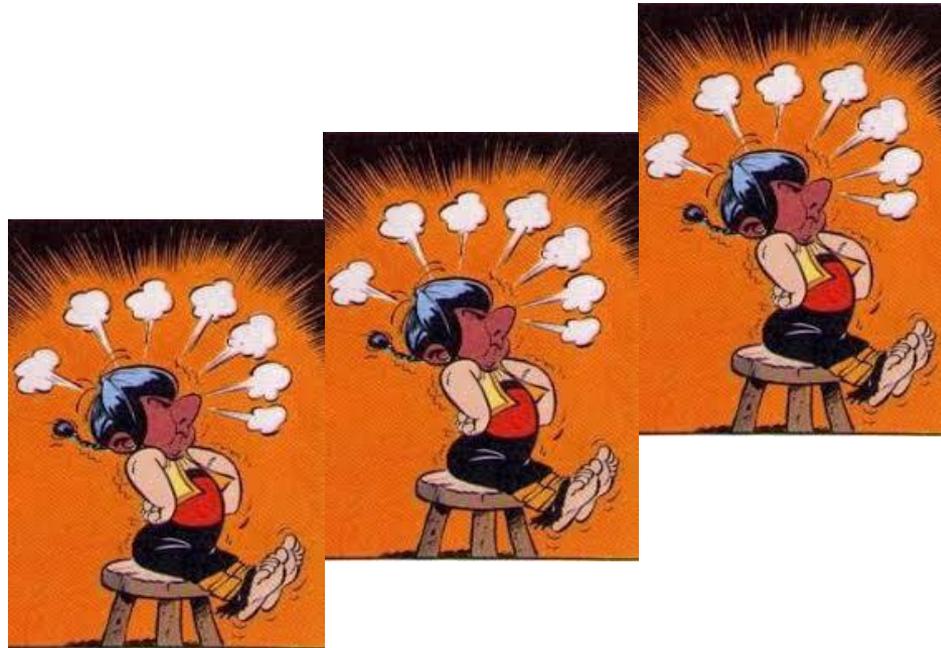


Atemstillstand



Gating

# Problem



Reproduzierbarkeit

# PERCUSSION

## HIGH FREQUENCY PERCUSSION VENTILATION (HFPV®) ODER PULSED FLOW VENTILATION™

- Entwickelt von DR. FORREST M. BIRD
- Verwaltung von kleinen Volumen (1 bis 300 ml) Luft ("PERCUSSIONS")
- Druck und einstellbare Frequenzen (60 bis 400 / Min)
- Spontane Belüftung überlagern und ersetzen
- Lüftungskreis öffnen, um Barotrauma zu vermeiden

# Protokollephase für Klinische Studien:

Bewerten der Methode

Fragen zu den Angaben

# Bereits verwendete HFPV-Geräte

Zuhause

Arztpraxis

Spital

Intensivstation



Impulsator®



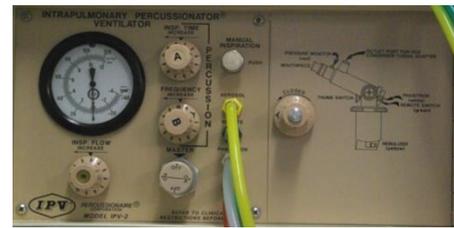
IPV®2 / IPV2c



Bronchotron®



VDR4®



Erwachsene/ Kinder

# das vom Physiotherapeutenteam modifizierte HFPV-Gerät

Tests

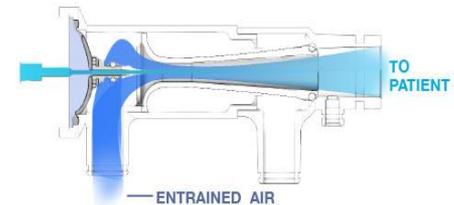
Um einen Prototyp zu  
bekommen



# Erstes PART System

Bronchotron® (Percussionnaire)

Phasitron® (Percussionnaire)



# PART

- Integration des Schlaggeräts in eine Strahlentherapie.
- Behandlung ohne Atembewegung zulassen
- Eine ganze Behandlung ohne Unterbrechung wegen Atembeschwerden
- Erfordert eine starke Beteiligung von Physiotherapeuten, die auf die Atemwege spezialisiert sind.
- Erfordert eine spezifische Schulung für den Patienten

# Interdisziplinäre Zusammenarbeit

Um alle Parameter für jede Sitzung festzulegen, muss Folgendes vorhanden sein:

- Lungenfacharzt
- Radioonkologe
- Physiotherapeut
- Physiker
- und MTRA
- Es sind viele Menschen um den Patienten im Behandlungsraum

# Einschränkungen für die Installation der Behandlung

Zu verwendende Ausrüstung

- Patientenpositionierung und Geräte
- Überwachung
- Respirator

Anschlüsse für HP Luftkanäle und Kabel

Kompatibel mit Bestrahlung und Bildgebung

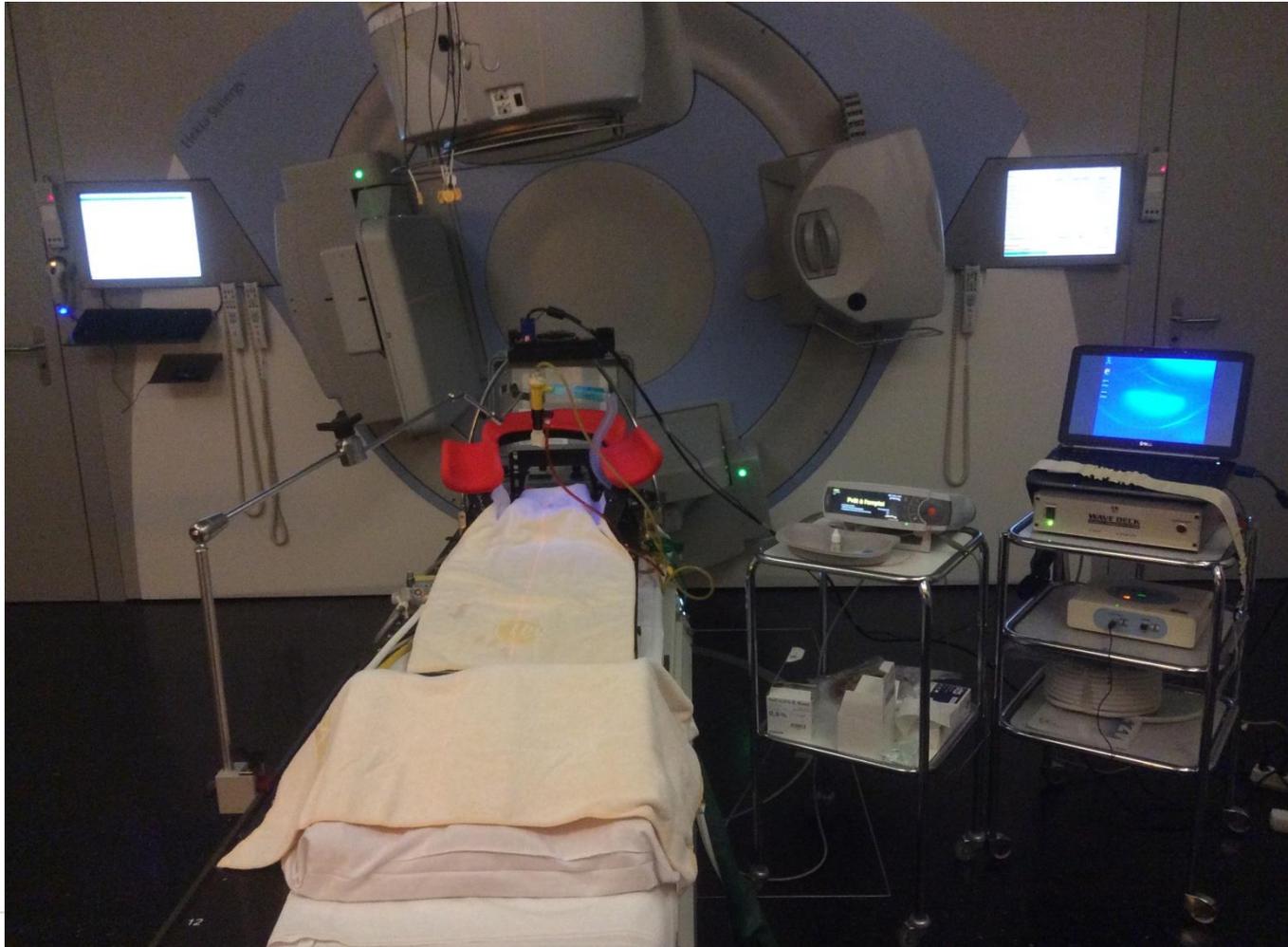
Berücksichtigung der Abmessungen vom CT-Scanner, Linearbeschleuniger und Bewegungen, um die Behandlung zu realisieren.

# Entwurfsverfahren

Den schnellsten Prozess bestimmen

- Behandlungssitzung durchführen
- Bildgebung vor der Behandlung
- Bestrahlung
- Idealerweise mit einer einzigen Inspiration fertig
- Überwachung
- Atmungssignal (ANZAI)
- PtcCO<sub>2</sub>, spO<sub>2</sub>, Herzfrequenz

# Installation des Raumes für die erste Behandlung



# Erste Patientin: RTH der linken Brust einer 34-jährigen Frau

Sie ist Krankenschwester: informierte Zustimmung

- invasives Adenokarzinom pT1 pN0 cM0
- Lumpektomie mit anschließender adjuvanter Chemotherapie
- Bestrahlung der linken Brust ohne regionale Lymphknoten
- 50 Gy in 25 Fraktionen von 2 Gy, mit PART unter Verwendung von 6 tangentialen MV 2 -Röntgenfeldern
- BOOST-Direktelektronen von 16 Gy in 8 Fraktionen auf dem Tumorbett, ohne SHARE

# Brustbehandlungssitzung während der Stabilisierungsphase



# Visualisierung des Atemstatus

Patientensicht



Stabilisation phase in maximal inspiration (start)

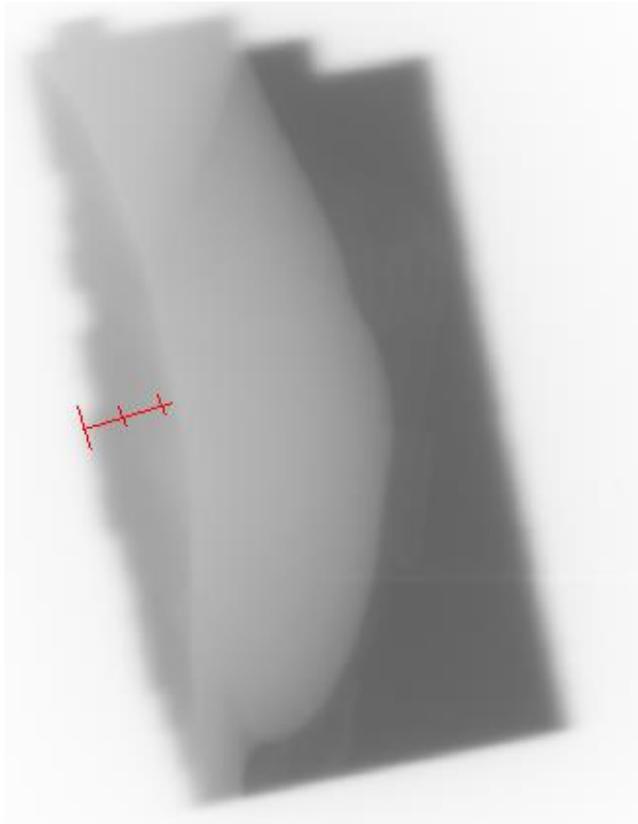
RTT view (video screen)



Stabilisation phase (end)

# Vorbehandlung von Portalfilmen

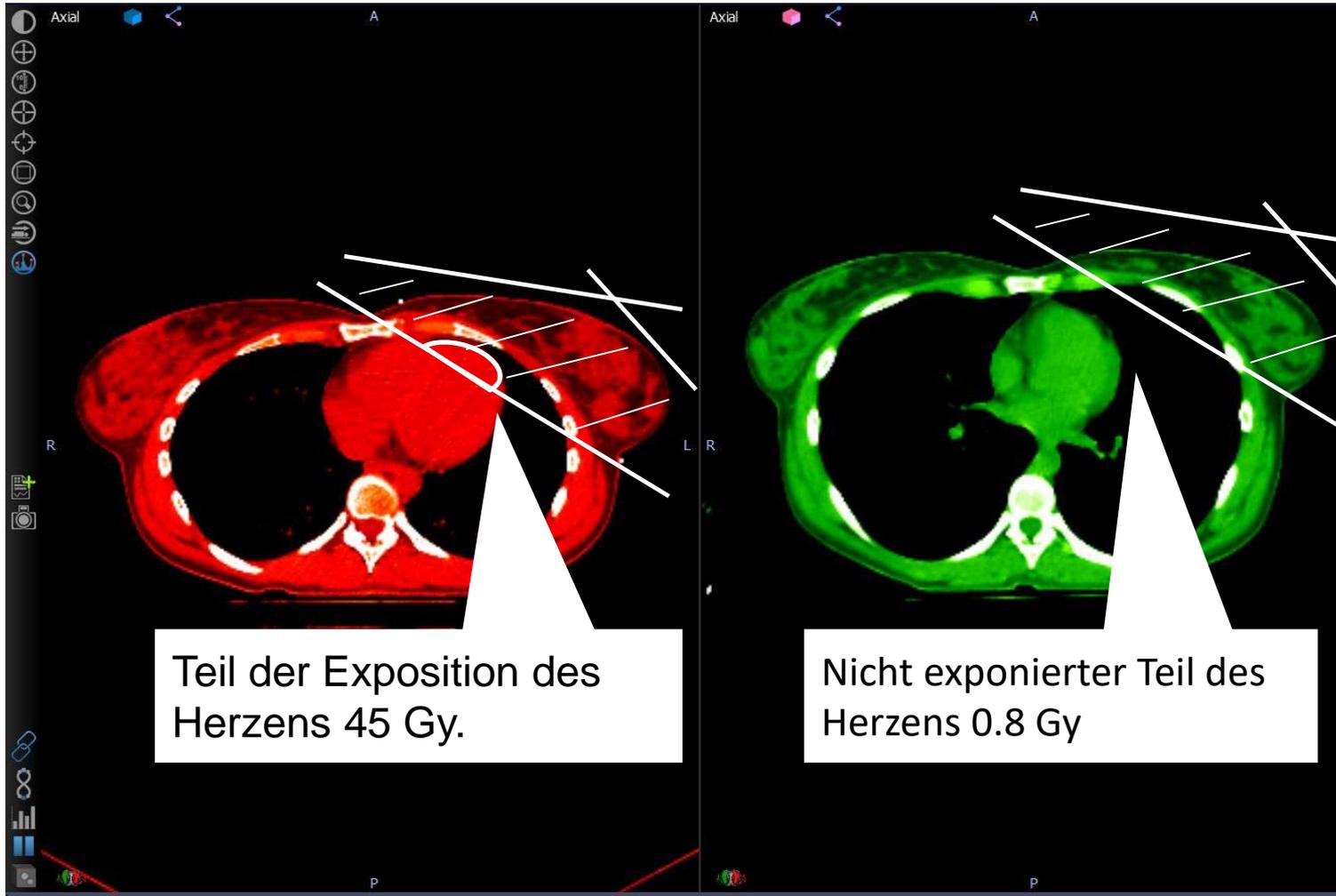
Internal beam



External beam



# Simulation CT



**Freie Atmung**

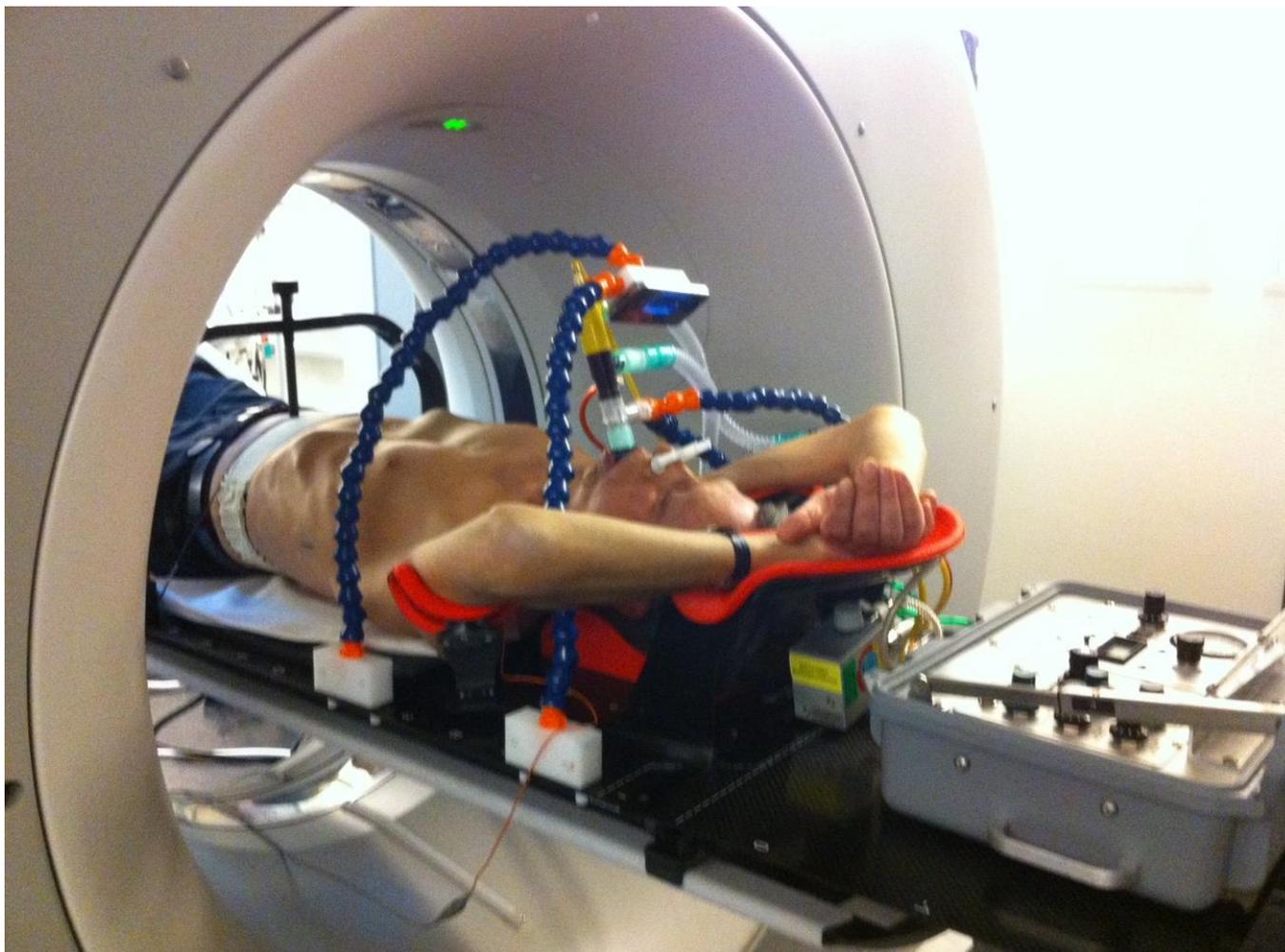
**PART**

# Video breast imagery during treatment



Sein\_Beam\_on.VLC

# Einrichtung für die CT-Scannersimulation



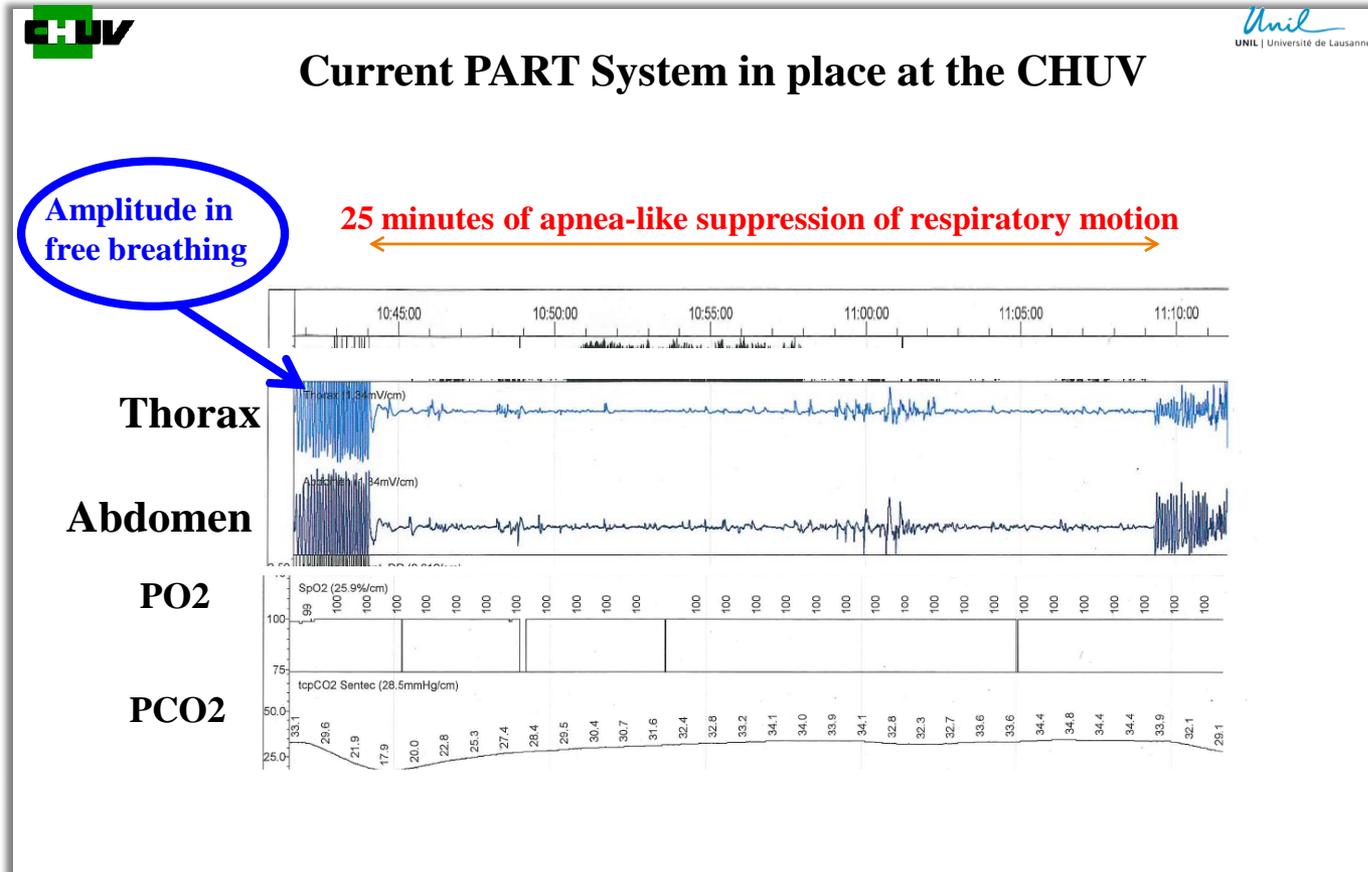
# Neuer Apparat HFPV



# Neues Gerät: Technische Verbesserungen

- Erweiterte Einstellmöglichkeiten
- Hohe Genauigkeit der Einstellungen (Druck, Frequenz, Durchfluss, inspirierter Sauerstoffanteil (FiO<sub>2</sub>))
- Booster-Alarme mit automatischer Abschaltung, falls erforderlich
- Überwachung der wirksamen Drücke durch proximalen Sensor (Druck auf den Mund des Patienten)
- Dank phasitron®-Kopplung jederzeit ein offener Atemkreislauf (vermeidet das Risiko von Barotrauma)

# Studienresultate Physiotherapie zum neuen Apparat



Verbesserung der Leistung bei Atemstabilisierung und Verträglichkeit (~ 15 gesunde Probanden).

# Übersicht:



# Abnehmbarer Kontrollschirm

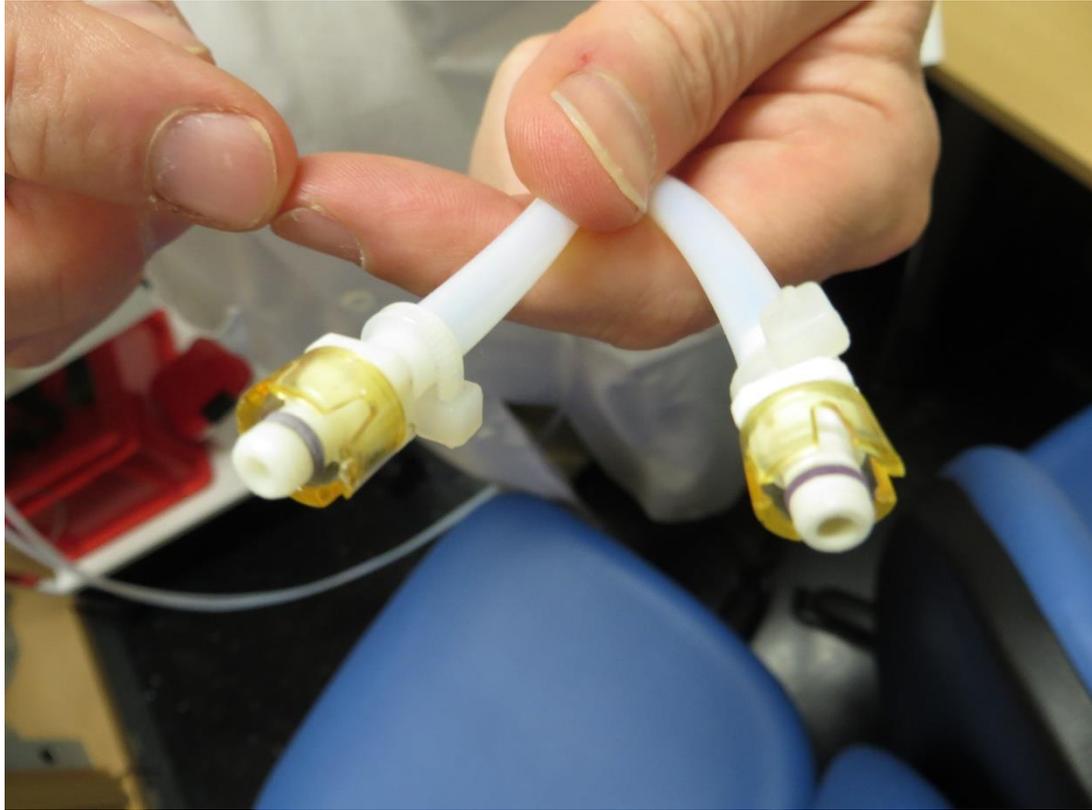
## Monsoon III® (Acutronic)



# Maschine ohne Kontrollbildschirm (im Behandlungsraum)



# Hochdruck-Schlauchtüllen

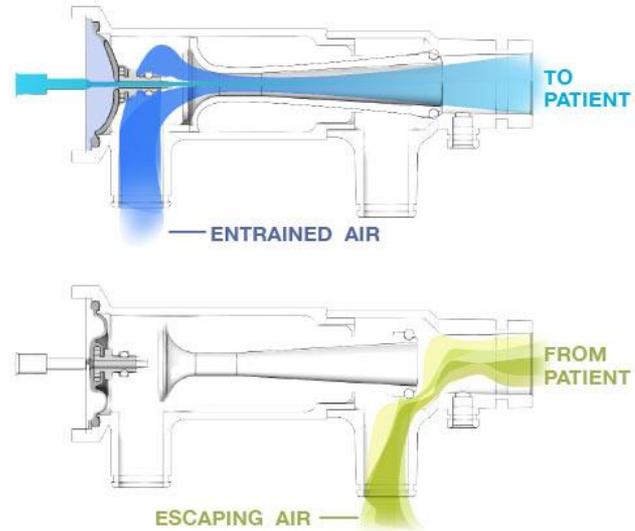


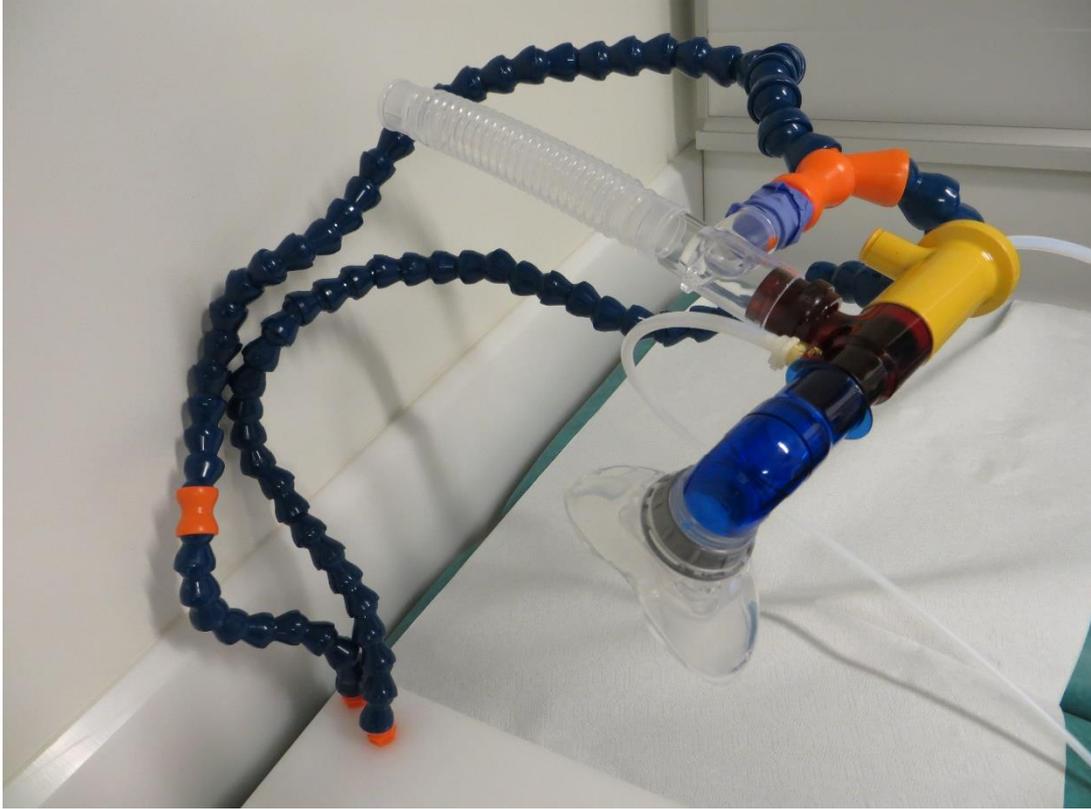
# Mehrwert von UKW für die Tomotherapie

Vorher kein Atemkontrollsystem möglich!



# Phasitron® (Percussionnaire)





# Patiententoleranz gegenüber dem System



# Überblick von verschiedenen Zeiten

Breast case											
Durations (min:sec)	Different treatment time of PART for breast case					Medical parameters variations between start and end of PART over 25 fractions					
	Mean	Median	Max	Min	SD	$\Delta$	Mean	Median	Max	Min	SD
Set up	22:59	19:58	58:00	11:36	07:45						
Balance setting	04:45	04:15	13:42	00:40	02:12	PCO2 (mmHg)	2.3	2.5	6.6	-5.5	0.0
Break	07:57	07:12	15:00	03:34	04:02						
Stabilization for beam-on	05:41	05:48	07:11	03:07	00:51	SatO2 (%)	-0.5	0.0	0.0	0.0	-0.4
Time to uninstall	03:00	02:59	10:00	01:19	00:44						
Recovery time	01:20	01:09	05:00	00:25	00:34	FC (puls/min)	2	4	2	-2	-1
Total time (hh:min:sec)	00:39:20	00:31:57	01:38:00	00:24:44	00:11:49						
Lung SBRT case											
Durations (min:sec)	Different treatment time of PART for Lung SBRT case					Medical parameters variations between start and end of PART over 8 fractions					
	Mean	Median	Max	Min	SD	$\Delta$	Mean	Median	Max	Min	SD
Set up	21:21	21:13	35:16	15:40	03:48						
Balance setting	04:52	03:56	11:54	01:02	03:25	PCO2 (mmHg)	13.8	13.8	20.0	6.0	4.2
Break	11:35	09:44	22:25	07:21	03:55						
Stabilization for imaging	04:56	04:30	07:38	03:10	01:04	SatO2 (%)	0.3	0.3	1.0	-1.0	0.8
Stabilization for beam-on	10:00	09:58	12:41	08:33	00:43						
Time to uninstall	03:22	03:22	05:46	01:35	01:05						
Recovery time	01:32	01:32	02:10	01:00	00:30	FC (puls/min)	1	3	10	-7	4
Total time (hh:min:sec)	00:57:38	00:54:15	01:37:50	00:38:21	00:14:31						
Lung locally advanced RT case											
Durations (min:sec)	Different treatment time of PART for lung LA RT case					Medical parameters variations between start and end of PART over 17 fractions					
	Mean	Median	Max	Min	SD	$\Delta$	Mean	Median	Max	Min	SD
Set up	18:22	17:19	26:11	10:31	04:00						
Balance setting	03:41	03:00	09:12	00:04	01:52	PCO2 (mmHg)	10.7	10.0	20.0	5.1	2.8
Break	01:25	00:00	10:00	00:00	02:05						
Stabilization for beam-on	09:21	09:08	11:35	08:10	00:39	SatO2 (%)	1.1	1.0	4.0	-2.0	1.0
Time to uninstall	04:02	04:02	06:07	01:18	00:57						
Recovery time	01:05	01:01	02:00	00:01	00:25	FC (puls/min)	6	4	17	-5	6
Total time (hh:min:sec)	00:37:57	00:34:30	01:05:05	00:20:04	00:09:59						

- Durchschnittliche Installationszeit (= Eintritt in den Raum bis zum Beginn der Hyperventilation) 8:00
- CBCT: Schmelzzeit der Bilder (= Beginn der Perkussion bis zur Validierung der Fusion) 3:55
- Durchschnittliche Schlagzeit (Apnoe) 7:56  
Durchschnittliche Behandlungszeit: 22:00
- Auf- und Abbau der Anlage: 8.00

## Konkret für den Patienten:

- Fortschritt der Behandlungsabläufe
- Rücksprache mit dem Radioonkologen
- Pulmonologische Beratung zur Beurteilung der Lungenfunktion (Spirometrie)
- Test des Gerätes im Therapieraum
- Test des Gerätes auf dem Scannertisch
- CT Thorax bei freier Atmung
- CT Thorax unter max Apnoe (ABC-System)
- CT Thorax während der Behandlungssitzungen ...
- Komplizierte Behandlungstechnik für kooperative Patienten in gutem Allgemeinzustand.

# Für die MTRA's

## **Beim Scanner:**

- Organisatorische Schwierigkeiten (3 CT pro Patient)

## **Bei TPS:**

- Vergleich von Dosimetrieplänen für die Tomotherapie:  
freie Atmung versus PART
- Das kostet mehr Zeit für jeden Plan

## **Im Behandlungsraum:**

- Organisatorische Schwierigkeiten (obligatorische Anwesenheit des Arztes, längere Behandlungszeit)
- Stress neues zu Lernen

# Achtung:

Diese neuen Bestrahlungstechniken sind sehr interessant und verbessern unsere TRM-Fähigkeiten, ABER vergessen wir nicht, dass hinter all dieser Technologie ein Patient steckt ... und dass unsere Behandlungen schwer zu verstehen und physisch und psychisch zu unterstützen sind.

Vergessen Sie nicht, mit unseren Patienten zu kommunizieren!

# Dank an all unsere Kollegen:

## Acknowledgements

Prof. Jean Bourhis  
Prof. Mahmut Ozsahin  
Dr Wendy Jannerot

Dr Joël Castelli (Rennes)  
Dr Nicolas Péguet (Geneva)

Physics:  
Dr Raphaël Moockl  
Michele Zaverino

Pulmonology:  
Dr Alban Lovis  
Dr Adam Ogna

Physiotherapy:  
Grant Kathleen  
Belmondo Bastien  
Julien Simons  
Olivier Long  
Fiore Buela

Clinical epidemiology center:  
Dr Pierluigi Ballabeni

Patients and the volunteers

