

Sonographie-Institut Uster<sup>1</sup>; Studio Medico, Melide<sup>2</sup>

<sup>1</sup>I. Rosenberg, <sup>2</sup>H.R. Schwarzenbach, <sup>1</sup>J. Tuma

## «Knopfologie» (Wichtige Geräteeinstellungen)

«Knobology» (Important Device Settings)

### Zusammenfassung

Die korrekte Einstellung der Ultraschallgeräte ist Voraussetzung für eine hohe Qualität der Ultraschalluntersuchung. Sowohl bei der B-Mode-Sonographie, wie auch bei der Dopplertechnik bestehen interessante Einstellungsmöglichkeiten, die oft nur ungenügend genutzt werden. Diese kurze Zusammenfassung solcher Möglichkeiten sollte den praktisch tätigen Klinikern im Alltag helfen und sie auch motivieren, sich mit den «Knöpfen» auf deren Ultraschallgeräten vermehrt auseinanderzusetzen. Gute praktische Hilfe dürfte auch die «Sonohöhle» bieten, die jeweils am Fortbildungskongress der SGUM in Davos angeboten wird, wo ausgewiesene Experten solche «Knopfologiefragen» gerne beantworten und entsprechende Einstellungen praktisch demonstrieren können.

**Schlüsselwörter:** diagnostischer Ultraschall – Geräteeinstellung «Knopfologie» – B-Mode – Dopplereinstellungen – Sicherheit

### Einleitung

Die Ultraschalldiagnostik spielt im klinischen Alltag eine immer grössere Rolle. Mehr als 30% der Hausärzte in der Schweiz bedienen sich diesem diagnostischen Mittel, dessen physikalisches Prinzip auf dem Senden und Empfangen

von mechanischen Wellen beruht. Die freigesetzte Energie der mechanischen Ultraschallwellen ist dabei vergleichbar mit der Energie der mechanischen Wellen der normalen menschlichen Sprache, und wie diese ebenfalls ein Instrument zur Informationsgewinnung ist. Auch für Schwangere ist der Einsatz dieser Untersuchungstechnik, mit Ausnahme der Dopplertechnik, ungefährlich. Bei der Wahl der Sendeenergie des Ultraschallimpulses (geräteseitig normalerweise 100%) ist bei speziellen Indikationsstellungen (z.B. bei Ultraschalluntersuchungen des Auges) eine tiefere Sendeenergie einzustellen, um die Bildung von sog. Kavitationen, z.B. im Linsenbereich, zu vermeiden. Der mechanische Index (MI) als Mass für die im Gewebe eintreffende Energie muss dabei  $<0,23$  sein.

Zahlreiche Schlussevaluationen zur Erlangung des Fähigkeitsausweises für Sonographie, sowie Beobachtungen bei unzähligen Ultraschallkursen haben gezeigt, dass die eigentliche praktische Untersuchung (Darstellen, Beurteilen) in der Sonographie relativ gut gemeistert wird, die praktischen Kenntnisse der Steuerung der Ultraschallgeräte bei vielen jedoch mangelhaft sind. Die Beherrschung dieser «Knopfologie», die eine wesentliche Bildoptimierung bewirkt, ist jedoch Voraussetzung für eine qualitativ hochstehende Diagnostik. Dieser Umstand motivierte uns zum Schreiben dieses Artikels, der als praktische Hilfe im Alltag der Untersucher dienen soll.

### Die B-Mode-Sonographie

Die B-Mode-Sonographie (B=Brigtness) dominiert seit den 1970er Jahren die Ultraschalldiagnostik. Das zweidimensionale Schnittbild entsteht durch das Zusammenfügen unterschiedlicher Gewebs-Echointensitäten als Bildpunkte, die entsprechend ihrer Echointensität zu Helligkeits- oder Grauwertstufen elektronisch umgerechnet werden. Je stärker die Reflexion der Schallwellen am entsprechenden Gewebe ist, desto heller stellt sich der Bildpunkt dar.

### Die Sondenwahl

Für den diagnostischen Einsatz werden Frequenzen zwischen 1 und 20 MHz verwendet, wobei der Schall umso weiter ins Gewebe eindringt, je geringer seine Frequenz ist. Somit hängt die Dämpfung einer Schallwelle zum einen von der Frequenz und zum anderen auch von der Beschaffenheit des Gewebes ab. Die höchste Dämpfung wird mit einer hochfrequenten Sonde und die geringste Dämpfung, also höchste Eindringtiefe,

Im Artikel verwendete Abkürzungen:

CT	Computertomographie
CDUS	Color Doppler Ultrasonography
FKDS	Farbkodierte Duplexsonographie
MI	Mechanischer Index
MRT	Magnetresonanztomographie
PW	Powerdoppler
PWDS	Powerdopplersonographie
PRF	Puls Repetitions-Frequenz
TGC	Time Gain Compensation

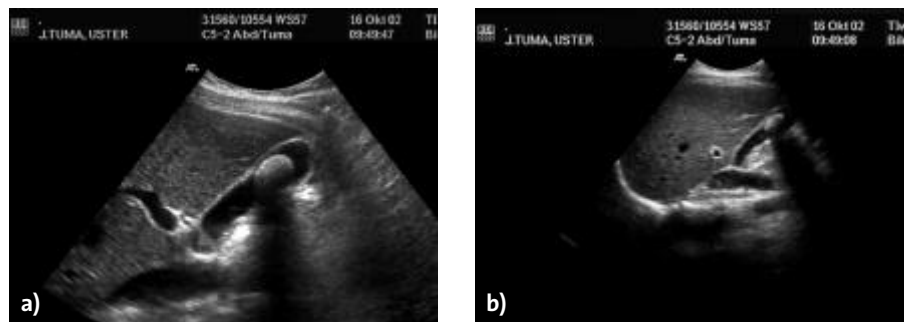


**Abb. 1:** Funktion des Verstärkungsknopfs (Gain): **a)** zu schwach eingestellt. **b)** zu stark eingestellt. **c)** korrekt eingestellt.

mit einer niederfrequenten Sonde erreicht. Die bessere Auflösung wird aber durch eine Sonde mit hoher Ultraschallfrequenz erreicht. Diese dient primär zur Darstellung oberflächlich gelegener Organe wie z.B. Weichteile, Hoden, Schilddrüse, Lymphknoten. Dafür werden Linearsonden von 12–20 MHz eingesetzt. Etwas tiefer gelegene Strukturen, wie z.B. Gefässe der Extremitäten, werden mit Linearsonden im Bereich von 7–12 MHz untersucht. Die Sonographie der Abdominalorgane wird je nach Körpergröße und -oberfläche mit 2–5 MHz-Sonden durchgeführt. Hierzu werden sogenannte konvexe Sonden verwendet. Diese verbinden gewisse Eigenschaften der Linear- und Sektorsonden und stellen einen Kompromiss aus verminderter Auflagefläche (erlauben gegenüber Linearsonden einen grösseren Blickwinkel zur Darstellung von Strukturen in der Tiefe) und besserer Nahfeldauflösung im Vergleich zur Sektorsonde dar. Damit können relativ gut sowohl oberflächliche wie auch tiefere Strukturen erfasst werden. Für die Echokardiographie und für ganz tiefliegende Strukturen, resp. stark adipöse Patienten werden niederfrequenterer Sonden von 1,5 bis 2,5 MHz benutzt. Dies sind meist Sektorsonden mit kleiner Auflagefläche, was z.B. einen schmalen interkostalen Zugang mit einem grossen Blickwinkel (Körperausschnitt) ermöglicht.

### Gesamtverstärkung (Gain)

Dieser Knopf ist für die Gesamtverstärkung (Gain) der registrierten Echowin-



**Abb. 2:** Funktion des Knopfs Eindringtiefe (Depth): **a)** korrekt eingestellte Tiefe (die wesentliche Bildinformation füllt das Bild aus). **b)** Beispiel von einer falsch eingestellten Eindringtiefe, die wesentliche Information ist in weniger als einem Drittel der Bildfläche enthalten.

mationen verantwortlich. Der Gain kann verstärkt oder verringert werden, das entsprechende Bild wird insgesamt dann heller oder dunkler (Abb. 1a, b, c). Gain hat somit nichts mit der ausgesandten Energie (Lautstärke) der Ultraschallwellen zu tun (vgl. Einleitung).

### Eindringtiefe (Depth)

Dieser Knopf reguliert die Eindringtiefe des Bildes (Körperausschnitt). Es ist wichtig, dass das relevante Organ möglichst den gesamten Bildausschnitt ausfüllt, um korrekt beurteilt werden zu können. (Abb. 2a). Leider sieht man allzu oft, dass dieser Knopf kaum bedient wird, was in zu kleinen Bildausschnitten resultiert (Abb. 2b). Dieses Bild beinhaltet relevante Informationen in weniger als 30% der Gesamtfläche.

### Tiefenausgleich (Time Gain Compensation TGC)

Die Ultraschallgeräte besitzen eine Schieberreihe, die in Abhängigkeit von der Ankunftszeit der reflektierten Signale diese mehr oder weniger verstärken. Je tiefer das Organ liegt, desto später kommen die reflektierten Echos zurück und desto grösser ist deren Dämpfung; die reflektierten Echos aus der Tiefe müssen entsprechend vermehrt verstärkt werden.

Je nach Ultraschallgerät bleibt die Schieberreihe in bestimmten, konstanten Positionen. Am Anfang einer Ultraschalluntersuchung wird zur Überprüfung der Bildqualität die Leber in einem Subkostalschnitt untersucht. Diese sollte von der Oberfläche bis in die Tiefe homogen aussehen, was durch die Feineinstellung der TGC erreicht wird (Abb. 3a). Ein Spezialfall sind Organe, die hinter einer Zone mit fast fehlender Dämpfung liegen, z.B. Prostata oder Gebärmutter

hinter der fast anechogenen Harnblase. In einem solchen Fall muss die Tiefenausgleichsregulierung vor allem für die tiefen Regionen angepasst werden. Damit wird ein optimales Bild der Harnblase mit ausgeglichener Echogenität sowohl der Seitenwände, als auch der Vorderwand und der Hinterwand erreicht. (Abb. 3b, c). Wir sprechen dabei auch von einer «dorsalen Echoverstärkung» (z.B. hinter einer Zyste), was eigentlich korrekt «fehlende Dämpfung» heissen sollte, da seitens des Apparats keine Signalverstärkung erfolgt ist (Abb. 3c).

**Fokus (Focus)**

Definition: Ort der besten Ortsauflösung («Bildschärfe»). Diese bezeichnet den kleinstmöglichen Abstand zweier Objekte, die gerade noch voneinander abgegrenzt werden können. Man unterscheidet zwischen axialer und lateraler Auflösung. Im Nahbereich, mit einer

Eindringtiefe von bis zu 3 cm, kann die Auflösung axial bis 0,1 mm und lateral bis 0,3 mm betragen und ist somit deutlich besser als die Auflösung des CT und MRT (0,6 bis 1 mm). Die Auflösung der Abdominalsonde (3,5 MHz) beträgt axial 0,5–0,8 mm und lateral 1,3–1,8 mm. Der Fokus wird in die Tiefe des untersuchten Objektes gesetzt. Bei grösseren Objekten (z.B. Leberparenchym) können mehrere Foci eingesetzt werden: Achtung, ruhige Hand, die Frame-Rate der Bilder wird niedriger (bedeutet «lange Verschlusszeit» wie beim Fotografieren).

**Dynamic Range (Härte des Bildes)**

Regelt die Graustufen eines Bildes zwischen ganz schwarz («hartes Bild») und ganz weiss («weiches Bild»). Härtere Bilder bilden häufig Details besser ab (z.B. kleine Nierensteine), weichere Bilder dienen zur besseren Strukturidentifikation (z.B. Lebermetastasen (Abb. 4a, b, c).

**Photopic mode**

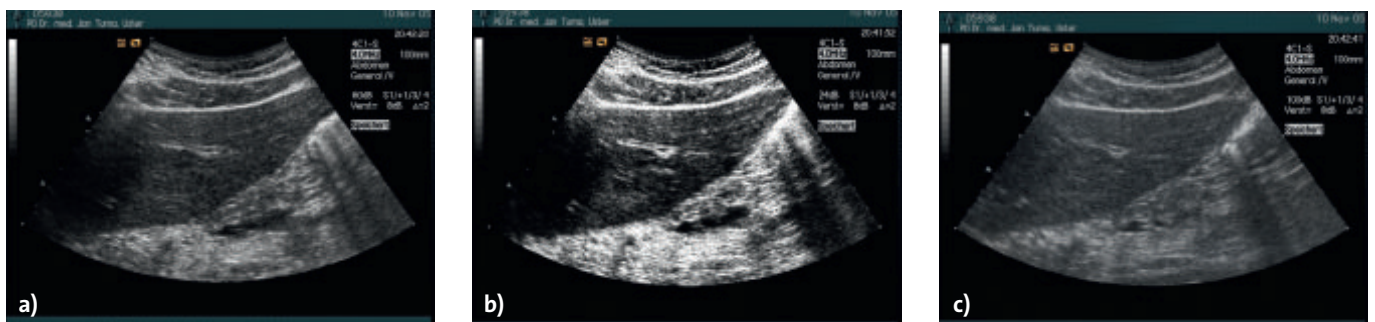
Ermöglicht die Einfärbung des Schwarz-Weiss-Bildes in diversen farbigen Varianten. Am häufigsten wird eine goldbraune Einfärbung benützt. Diese Einfärbung bewirkt durch Aktivierung der Zapfen (Farb-Sehen) in unseren Augen eine bessere Erkennung einzelner Bild-Helligkeitsstufen im Vergleich zum reinen Schwarz-Weiss-Sehen (Stäbchenaktivierung). Der Vorteil von Photopic mode ist, dass wir eine höhere Anzahl von Helligkeitsstufen registrieren können, und damit feinere Strukturen abgrenzen können (Abb. 5a, b, c).

**Dopplertechnik**

Die Dopplertechnik dient vor allem der Darstellung von Flussgeschwindigkeiten und -richtungen in Gefässen. Dabei unterscheiden wir die farbkodierte Duplexsonographie (FKDS), die Powerdoppler-sonographie (PWDS) und sowie die

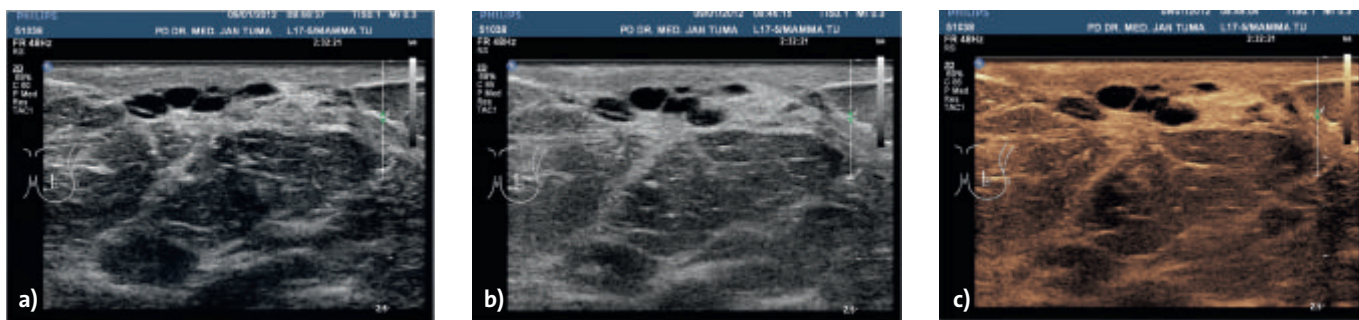


**Abb. 3:** Funktion von TGC (Schieberreihe): **a)** korrekte Einstellung im Subkostalschnitt: die normale Leber sollte als homogenes Organ dargestellt werden. **b)** bei gleicher Einstellung wie in a) werden die Organe hinter der Blase zu hell- wegen fehlender Ultraschalldämpfung durch die gefüllte Blase dargestellt. **c)** Korrektur durch TGC. Die tieferen Bereiche (die unteren Schieberreihen werden nach links verschoben) weniger verstärkt. Die Organe hinter der Blase zeigen nun eine korrekte Verstärkung.



**Abb. 4:** Funktion des Dynamic-Range-Knopfs (DR): **a)** korrekte DR-Einstellung (hier 60 dB). **b)** deutlich erniedrigte DR-Einstellung («hartes Bild», 24 dB). **c)** zu hohe (flaue) DR-Einstellung (100 dB).





**Abb. 5:** Photopic Imaging (PI): **a)** übliche DR- Einstellung (60 dB) in schwarz-weiß. **b)** hohe DR-Einstellung (85 dB), in schwarz-weiß zu flau. **c)** gleiche DR- Einstellung (85 dB) mit Photopic Imaging: Durch Einfärbung deutlich bessere Erkennung der Helligkeitsstufen.



**Abb. 6:** **a)** Farbkodierte Duplexsonographie (FKDS) mit Farbbox und Farbskala (links im Bild). In der Farbskala ist rot oben und blau unten. Das bedeutet, dass Flüsse zur Sonde hin rot und von der Sonde weg blau kodiert sind. Ein besserer Doppler-Winkel wird mit einem Parallelogramm erreicht. Die Winkelkorrektur ist nun richtig erfolgt. **b)** Power Doppler Sonographie (PWDS) mit Darstellung der Aufzweigungen der Nierengefäße. **c)** Triplex- Modus: Pulse Wave-Doppler (Spektralkurve) und FKDS mit Darstellung der linken Nierenarterie. Farbskala links im Bild: In der Farbskala ist nun blau oben und rot unten. Das bedeutet, dass Flüsse zur Sonde hin blau und von der Sonde weg rot kodiert sind.

Spektralanalyse. (Abb. 6a, b, c). Die FKDS dient der Darstellung einzelner Flüsse und deren Ausrichtung: normalerweise farbkodiert rot zur Sonde hin und blau von der Sonde weg (Einstellung jeweils an der Farbskala am Bildrand erkennbar). Sie wird vor allem zur Erfassung von Flüssen, deren Geschwindigkeiten und Richtung (Stenosen) benützt. Die PWDS zeigt Gebiete, wo Fluss stattfindet, ohne Berücksichtigung der Flussrichtung und wird daher für die Darstellung der Gefässanatomie (z.B. Nierenparenchymgefäße) benützt.

**Reihenfolge: B-Bild, FKDS, Spektralanalyse**

Im Hinblick auf die Blutflussmessung in Dopplertechnik ist es wichtig, zuerst die Gefässstruktur durch ein optimales B-Bild zu erfassen. Danach folgt die FKDS

und zuletzt kommt die Spektralanalyse (PW-Doppler) für die Messung der Flussgeschwindigkeiten zum Einsatz. Dieses Vorgehen ist besonders dann wichtig, wenn wir einen sehr schwierigen Zugang zu den Gefässen haben; bei synchronem Arbeiten im sog. Triplex-Mode (B-Bild, FKDS, PW-Doppler) kann das Gesamtbild dabei sehr leicht verloren gehen. Sollte das Gefäss während der Untersuchung nicht mehr gut eingestellt sein, empfiehlt es sich, zurück zum B-Bild zu gehen, die Einstellungen zu optimieren, dann die FKDS einzustellen und zum Schluss den Spektraldoppler einzuschalten. Die manuelle Geschicklichkeit ist hier besonders wichtig und sollte speziell trainiert werden.

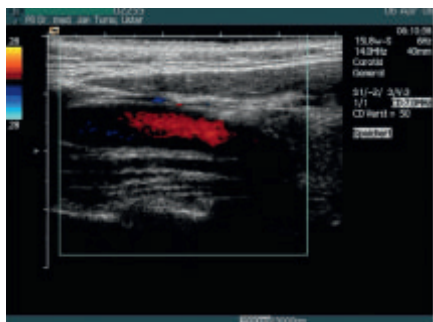
**Sondenwahl und Frequenz**

Tiefe Dopplerfrequenzen ermöglichen

hohe Eindringtiefe ins Gewebe und Erfassung von sehr schnellen (arteriellen) Flüssen. Sehr langsame und oberflächliche Flüsse können wiederum gut mit höheren Dopplerfrequenzen erfasst werden (Flüsse in den oberflächlichen Venen oder in der Mamma).

**Farbbox (Color Box)**

Hier handelt es sich um einen Bereich des Bildes, der viele kleine «Orte», wo Dopplerphänomene abgeleitet werden, beinhaltet. Je grösser diese Farbbox ist, desto mehr solcher Orte und desto langsamer ist der Bildaufbau und die Auflösung der Dopplersignale (Abb. 7). Aus diesem Grund wird eine möglichst kleine Farbbox, die das untersuchte Gebiet umfasst, eingestellt. Bei Verwendung einer Linearsonde kann das Bild zusätzlich zur Verkleinerung der Farbbox noch

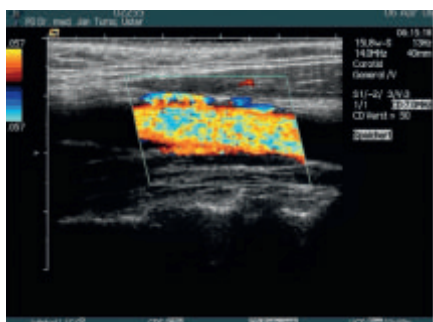


**Abb. 7:** Farbfeld: a) zu gross und mit ungünstigem Winkel: Im Gefäss sind daher nur wenige Signale ableitbar.

durch die Veränderung des Dopplerwinkels weiter optimiert werden, indem die quadratisch geformte Farbbox durch Bedienen des entsprechenden Reglerknopfs in ein Parallelogramm umgewandelt wird (Abb. 6a).

**PRF (Puls Repetitions Frequenz, Scale)**

Beschreibt die Häufigkeit der Dopplerpulse pro Sekunde. Je höher die Flussgeschwindigkeit des Blutes, desto höher muss auch die PRF sein, um die maximale Flussgeschwindigkeit noch zu erfassen (seitlich auf dem Bildschirm ist eine Farbskala aufgeführt, in der die max. noch messbare Geschwindigkeit angege-



**Abb. 8:** «Aliasing»: Aus der Skala (abhängig von PRF, links im Bild) geht die maximal messbare Geschwindigkeit in der A. carotis von 0,057 m/sek hervor. Diese Einstellung ist zu gering, da die Flussgeschwindigkeiten viel grösser sind und dadurch ein mehrfacher Farbumschlag von rot auf blau und umgekehrt («Aliasing») entsteht.

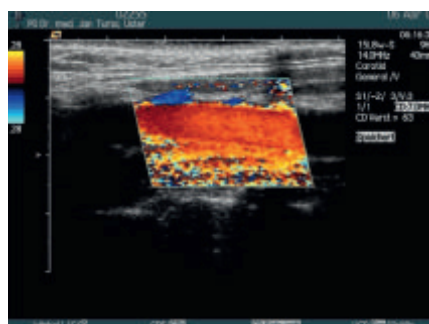
**Key messages**

- Grundkenntnisse der Ultraschallphysik sind Voraussetzung für die korrekte Interpretation der Ultraschallbefunde.
- Optimale Einstellungen von Verstärkung, Fokus, Eindringtiefe, Tiefenausgleich und Dynamic Range sind Voraussetzungen für auswertbare B-Mode Bilder; der Photopic Mode ermöglicht zusätzlich eine bessere Differenzierung der Helligkeitsstufen bei gleichem Dynamic Range.
- Richtige Einstellungen von Farbbox, PRF, FKDS- und Spektralanalyse-Verstärkung, Winkelkorrektur sowie Doppler-Torweite ermöglichen eine adäquate Dopplerdiagnostik.

ben wird). Ist die Flussgeschwindigkeit im Vergleich zur PRF zu hoch (sog. Nyquist-Grenze, kommt es zu einem Umschlag der Farbskala, wobei die roten Punkte zu blauen Punkten werden und umgekehrt. Dieses Phänomen heisst «Aliasing» (Abb. 8). Daher sollte man bei der Farbdoppleruntersuchung ungefähr wissen, wie schnell die erwartete Flussgeschwindigkeit im Gefäss ist (ca. 100 cm in der Aorta, ca. 60 cm in den Nierengefässen, ca. 160 cm in den Abdominalgefässen und niedrige Flüsse von wenigen Zentimetern in den Venen).

**FKDS-Verstärkung (CDUS-Gain)**

Die FKDS besitzt ähnlich wie die B-Mode Sonographie einen Verstärkungsregler. Damit kann die Stärke der dargestellten Signale optimiert werden. Stellt man die Signalverstärkung zu hoch ein, entsteht das sogenannte «Blooming»: Dopplersignale werden ausserhalb der Gefässe



**Abb. 9:** Der Knopf FKDS-Verstärkung ist zu stark eingestellt. Es kommt zu Farbartefakten ausserhalb des Gefässlumens: Ein sogenanntes «Blooming» entsteht.

sichtbar (Abb. 9). Es handelt sich dabei um einen Artefakt. Man sollte die Verstärkung optimal knapp unterhalb dieser Artefaktgrenze wählen.

**Spektralanalyse-Verstärkung (Gain)**

Auch in der Spektralanalyse (PW-Doppler) kann man mit der Betätigung des Regelknopfes die Stärke der Dopplersignale und somit auch die Breite des dargestellten Dopplerspektrums regeln. Die so dargestellte Spektralkurve wird danach intensiver und breiter dargestellt.

**Winkelkorrektur**

Die Doppler-Messungen sind vom Winkel zwischen der Ausbreitungsrichtung des Schalls und der Flusssache, resp. vom Kosinus dieses Winkels abhängig. Man muss diesen Winkel mit einem Knopf in Flussrichtung korrigieren (Abb. 6a, 10).



**Abb. 10:** Einstellung des Doppler-Winkels: Der eingestellte Winkel beträgt 52°, liegt jedoch nicht richtig in der Flussrichtung des Gefässes. Korrekte Einstellung in Abb. 6a.

Der Kosinus hat bei einem Einstrahlwinkel von 0° den Wert 1,0, bei 60° den Wert 0,5 und bei 90° den Wert 0. Dieser Winkel sollte daher möglichst klein sein, damit bei der Beschallung in Richtung der Flussachse der höchste Dopplereffekt erzielt wird; bei 60° resultiert noch ein grenzwertig tolerabler Wert; bei grösseren Winkeln werden die Messfehler zu gross. Es sollte daher stets das Gefäss unter einem möglichst kleinen Winkel «angeschallt» werden (0–60°).

### Tor (Gate)

Diese Einstellung kann sämtliche Flüsse innerhalb des Tores darstellen. Sie wird möglichst gross, auf etwa  $\frac{2}{3}$  des Gefässlumens gewählt, falls das ganze Flussprofil gewünscht ist. Ein möglichst kleines Tor wird bei der Ausmessung der Geschwindigkeiten, beispielsweise im Bereich einer Stenose eingestellt.

### Abstract

The correct setting of the ultrasound equipment is a prerequisite for a high quality of the ultrasound examination. Both the B-mode ultrasonography, as well as the Doppler technique offer

interesting alternative settings that are often inadequately used. This brief summary of basic settings should help the practicing clinicians in everyday life and motivate them to deal with the «knobs» of the ultrasound device. Good practical help will be provided by the «Sonocave» an event regularly organized at the annual ultrasonic training Congress in Davos, where recognized experts will answer such «Knobology»-questions and demonstrate the appropriate settings also practically.

**Key words:** ultrasound – ultrasonic «Knobology» – B-mode-parameters – Doppler settings – safety

### Korrespondenzadresse

*PD Dr. med. Jan Tuma  
Chairmann Education and Professional  
Standards Committee  
European Federation of Societies for  
Ultrasound in Medicine and Biology  
(EFSUMB)  
Seilerweg 1  
8610 Uster*

*jtuma@hin.ch*

### Bibliographie

1. Jenderka K: Technische Grundlagen. In: Tuma J, Trinkler, F, ed. Sonographische Differenzialdiagnose – Krankheiten des Urogenitalsystems. Köln: Deutscher Ärzte Verlag, 2009: 1-25.
2. Dietrich FC, Frey H, Greis C: Grundlagen. In: C.F. Dietrich, ed. Ultraschall-Kurs. 6.Auflage, Köln: Deutscher Ärzte Verlag, 2012: 7-50.
3. Fischer T, Filimonow S, Taupitz M, et al.: Bildqualität und Detektion pathologischer Prozesse im Ultraschallbild: Vergleich von B-Bild-Sonographie mit photopischer Bildgebung und harmonischer Bildgebung einzeln und in Kombination. *Rofo* 2002; 174: 1313-1317.