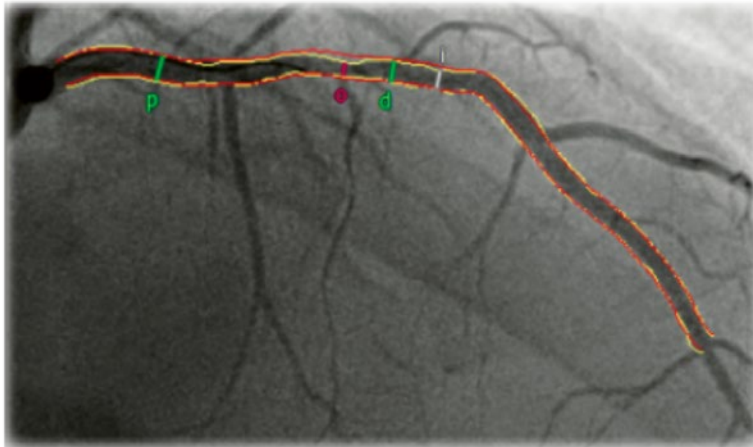


## QUANTITATIVE KORONARANGIOGRAPHIE

# Angiogrammbasierte Charakterisierung von Koronarstenosen

Karsten Lenk und Ulrich Laufs, Leipzig



Während Patienten mit akuten Koronarsyndromen in Hinblick auf Symptomatik und Letalität ganz erheblich von einer Revaskularisation profitieren, ist der prognostische Vorteil einer Stent-Implantation bei chronischem Koronarsyndrom nur bei Stenosen mit nachgewiesener hämodynamischer Relevanz belegt [1]. Daher empfehlen die aktuellen kardiologischen Leitlinien bei Koronarstenosen mit einem visuell eingeschätzten Schweregrad von 40–90 % ohne eindeutigen bildgebenden Ischämienachweis die Durchführung einer Druckdrahtmessung (FFR oder iFR) [2]. In der klinischen Routine wird dies leider nur unzureichend umgesetzt [3].

Dies hat verschiedene Gründe. Zum einen liegt es am zusätzlichen Risiko möglicher Komplikationen für den Patienten durch die Drahtpassage und die erforderliche Adenosin-Gabe. Zum anderen kommt es bei der FFR-Messung zu einer Verlängerung der Untersuchungsdauer, der Strahlendosis und einem zusätzlichen Kontrastmittelverbrauch. Bei der Messung von zwei oder drei Koronargefäßen kann der empfindliche Druckdraht beschädigt werden, so dass unter Umständen ein zweiter Druckdraht benötigt wird.

### Quantitative Flow Ratio

Eine Alternative könnten neue digitale Auswertungen wie beispielsweise die QFR (Quantitative Flow Ratio) aufzeigen. Mit Hilfe einer softwarebasierten digitalen Auswertung der Koronarangiographie ist es möglich, eine Quantifizierung der hämodynamischen Relevanz von Koronarstenosen durchzuführen. Im Gegensatz zu einer einfachen zweidimensionalen Auswertung mittels QCA

(quantitative coronary angiography) gelingt dies durch Berechnung eines mit der FFR vergleichbaren Druckgradienten. Bei dieser Methode wird anhand zweier optimierter Koronarangiographien sowie über volumetrische Flussanalysen eine virtuelle FFR aus dem Angiogramm berechnet [4]. Auf die Einführung eines Druckdrahtes und eine pharmakologische Provokation mittels Adenosin kann hierbei verzichtet werden. Genau wie bei der FFR kann entschieden werden, ob eine Intervention erforderlich ist ( $QFR \leq 0,8$ ) oder ob eine optimale medikamentöse Therapie gewählt werden sollte ( $QFR > 0,8$ ). Eine multizentrische Studie (FAVOR II) zeigte, dass die QFR verglichen mit der FFR eine hohe Sensitivität (94,6 %) und Spezifität (91,7 %) in der Detektion hämodynamisch relevanter Stenosen besitzt [5]. Aktuell laufen randomisierte Endpunktstudien, die einen direkten Vergleich zwischen QFR und FFR untersuchen. Um einen besseren Einblick in die QFR-Modalität zu erhalten soll anhand von Fallbeispielen kurz erläutert werden, wie die Messung funktioniert.

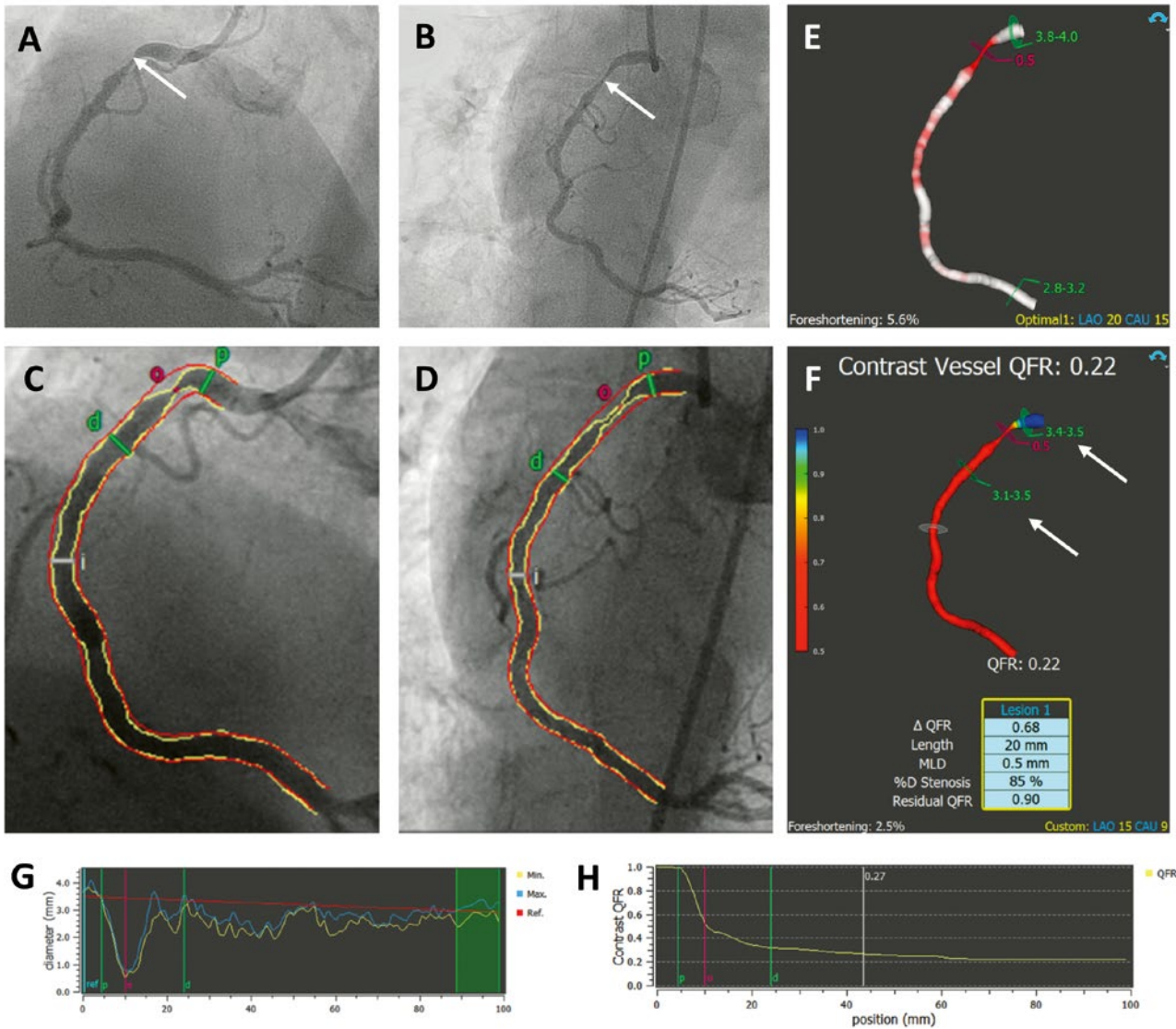


Abbildung 1

## Fallbeispiel 1

Entscheidend für eine zuverlässige Auswertung ist die Aufnahmequalität der zu untersuchenden Gefäße. Benötigt werden zwei Projektionen mit mehr als 12,5 Bildern/s, die nach Gabe von Nitroglyzerin mindestens 25° voneinander entfernt das Zielgefäß erfassen sollen. Hierbei sollte es keine zu große Überlappung mit anderen Gefäßen, keine übermäßige Schlingelung und keine ostialen Läsionen im Zielgefäß geben.

Exemplarisch ist hier ein Patient mit einem chronischen Koronarsyndrom und einer angiographisch höhergradig erscheinenden Stenose der rechten Koronararterie (RCA) dargestellt (Abbildung 1A, B, Pfeil). Zunächst werden mit Hilfe sogenannter Landmarken, also Punkten, die in beiden Projektionen gut sichtbar sind, die beiden Projektionen in Übereinstimmung gebracht. Anschließend wird Beginn und Ende des zu analysierenden Gefäßabschnittes angegeben und die Kontur in beiden Aufnahmen angepasst (Abbildung 1C, D). Jetzt wird ein 3-D-Modell des Gefäßes rekonstruiert, welches die Stenosen plastisch darstellt (Abbildung 1E).

In einem weiteren Schritt wird mittels *frame counting* die Geschwindigkeit des Kontrastmittelflusses ermittelt, welcher zur Berechnung der kontrastmittelflussbasierten QFR herangezogen wird (Abbildung 1F). In diesem Fall handelt es sich um einen hochsignifikanten Wert von 0,22. Die QFR-Software kann neben der hämodynamischen Signifikanz auch noch andere wichtige Parameter liefern. So erhält man zusätzlich Informationen zum Referenzdiameter vor und nach der Stenose (Pfeile), zur Läsionslänge (Length), zum minimalen Diameter (MLD), zum Stenosegrad (%DStenosis) und zur residuellen QFR nach erfolgreicher Stentimplantation (Residual QFR), sofern erforderlich (Abbildung 1F). Weiterhin werden der minimale und maximale Gefäßdiameter zusammen mit dem Referenzdiameter (Abbildung 1G) sowie die QFR als virtueller Rückzug grafisch dargestellt (Abbildung 1H). Diese zusätzlichen Informationen können sehr hilfreich bei der Interventionsplanung sein und stellen einen weiteren Vorteil zur FFR-Messung dar.

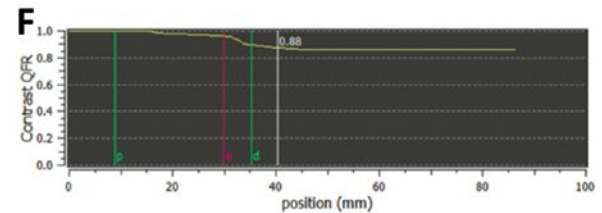
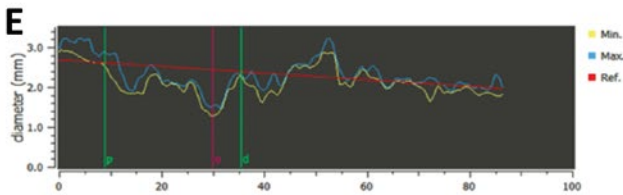
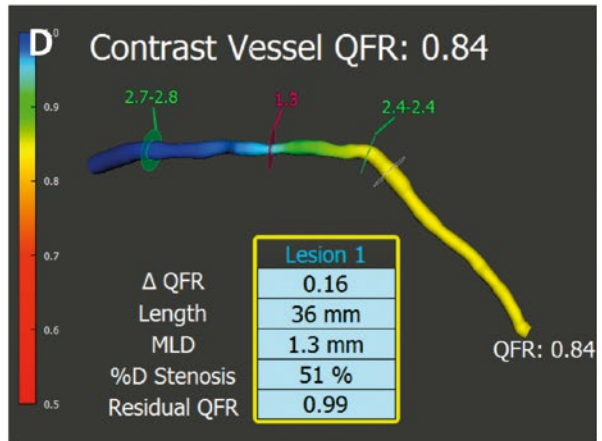
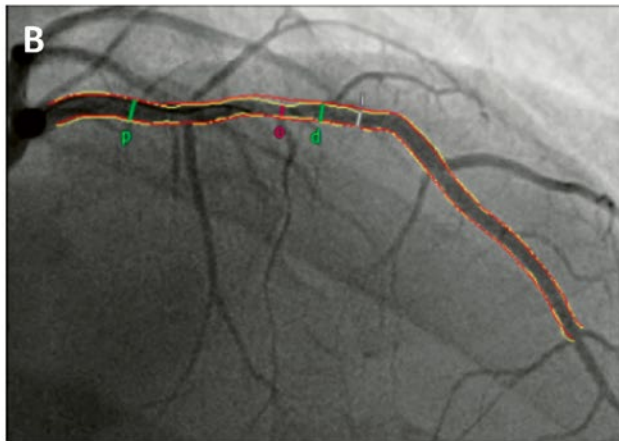
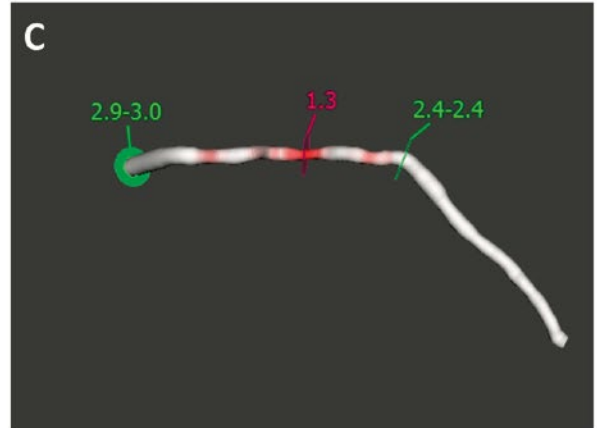
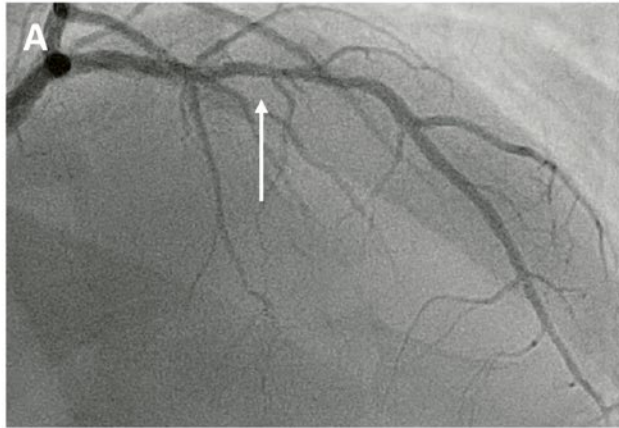


Abbildung 2

### Fallbeispiel 2

Nicht immer ist die Anatomie so übersichtlich wie im vorangegangenen Fall. In Abbildung 2 ist eine langstreckige, grenzgradige Stenose der mittleren Vorderwandarterie (RIVA) dargestellt (Abbildung 2A, Pfeil). Nach Anpassung der Kontur (Abbildung 2B) wird das 3-D-Modell erstellt (Abbildung 2C). Die QFR zeigt einen Wert von 0,84 (Abbildung 2D) und ist demzu-

folge negativ. Der Stenosegrad wird mit 51 % berechnet. Die Läsionslänge wird mit 36 mm angegeben, welche auch mehrere Seitäste überspannt. Minimaler, maximaler Gefäßdurchmesser mit zugehöriger Referenz (Abbildung 2E) und virtueller Rückzug (Abbildung 2F) komplettieren die Auswertung. Eine interventionelle Gefäßbehandlung ist hier nicht indiziert.

# QUANTITATIVE KORONARANGIOGRAPHIE

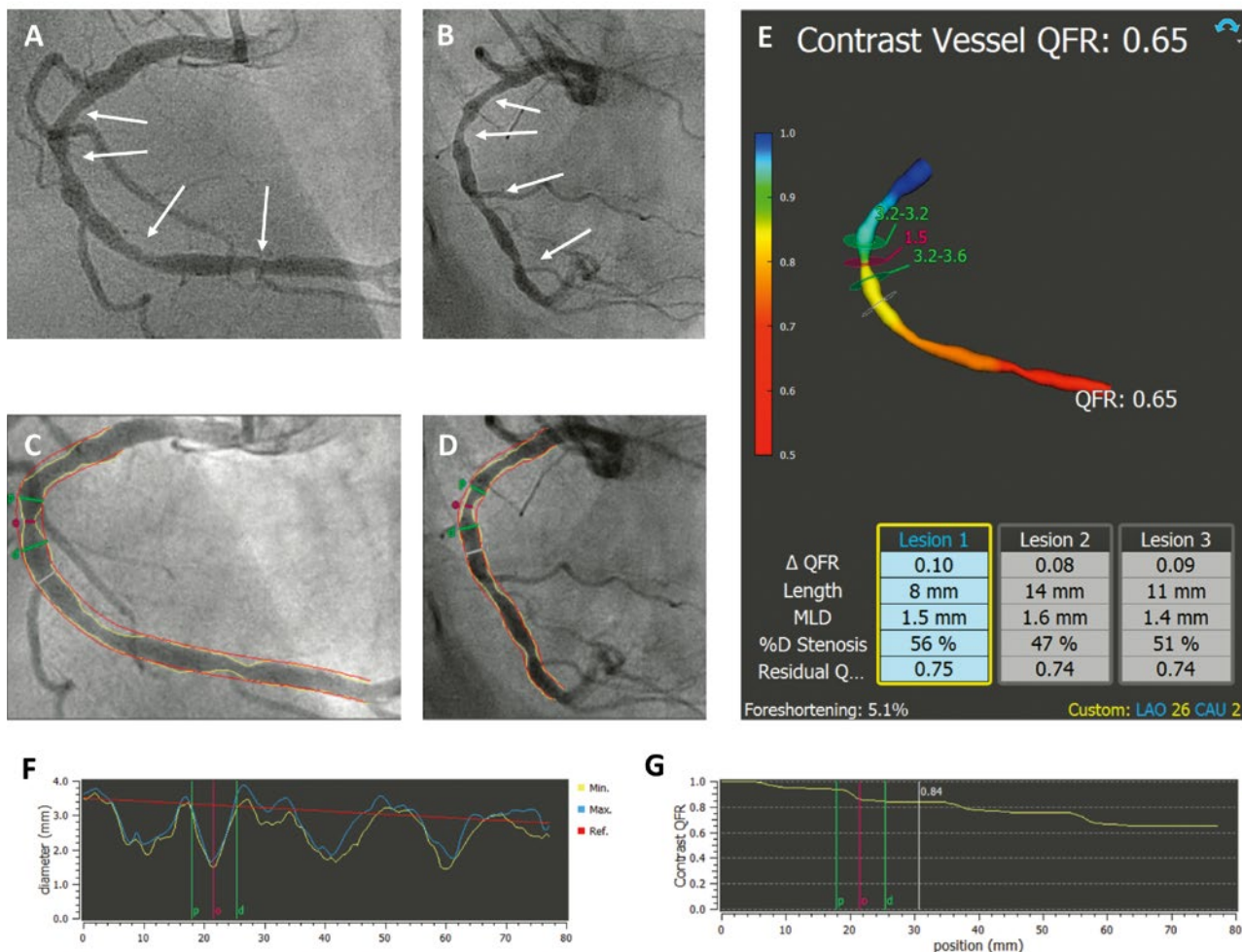


Abbildung 3

## Fallbeispiel 3

Zeigt ein Gefäß mehrere Stenosen kann mithilfe der QFR-Software eine Analyse zur Entscheidungsfindung beitragen. So ist in Abbildung 3 eine mehrortige Stenosierung der RCA zu sehen (Abbildung 3A, B, Pfeile). Nach Optimierung der Kontur (Abbildung 3C, D) wird die QFR berechnet. Diese wird mit 0,65 angegeben und ist damit positiv (Abbildung 3E). Die pro-

ximale Läsion ist hämodynamisch nicht bedeutsam und kann belassen werden. Die übrigen drei Läsionen werden separat charakterisiert und sollten interventionell therapiert werden. In Abbildung 3F kann der Verlauf des Gefäßdiameters verfolgt werden, die Abbildung 3G visualisiert den zugehörigen virtuellen Rückzug.

# QUANTITATIVE KORONARANGIOGRAPHIE

## Fazit

Zusammenfassend stellt die QFR ein Beispiel für eine neue technologische Weiterentwicklung dar, welche das Potenzial besitzt, die Belastung für den Patienten zu reduzieren und die Implantation eines Stents auf präzise Art und Weise individualisiert durchzuführen. ●

### Referenzen

1. De Bruyne B, Pijls NH, Kalesan B et al.; FAME 2 Trial Investigators. Fractional flow reserve-guided PCI versus medical therapy in stable coronary disease. *N Engl J Med* 2012; 367(11): 991–1001.
2. Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A et al.; ESC Scientific Document Group. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J* 2019; 40(2): 87–165.
3. Toth GG, Toth B, Johnson NP et al. Revascularization decisions in patients with stable angina and intermediate lesions: results of the international survey on interventional strategy. *Circ Cardiovasc Interv* 2014; 7(6): 751–9.
4. Tu S, Westra J, Yang J et al.; FAVOR Pilot Trial Study Group. Diagnostic accuracy of fast computational approaches to derive fractional flow reserve from diagnostic coronary angiography: The international multicenter FAVOR pilot study. *JACC Cardiovasc Interv* 2016; 9(19): 2024–35.
5. Xu B, Tu S, Qiao S et al. Diagnostic accuracy of angiography-based quantitative flow ratio measurements for online assessment of coronary stenosis. *J Am Coll Cardiol* 2017; 70(25): 3077–87.

Priv.-Doz. Dr. med. Karsten Lenk  
Prof. Dr. med. Ulrich Laufs  
Klinik und Poliklinik für Kardiologie  
Universitätsklinikum Leipzig  
Liebigstraße 20, 04103 Leipzig



Priv.-Doz. Dr. med. Karsten Lenk  
karsten.lenk@medizin.uni-leipzig.de



Prof. Dr. med. Ulrich Laufs  
ulrich.laufs@medizin.uni-leipzig.de

## COGITATIO

Welche Aussage ist falsch im Hinblick auf die Vorteile der QFR gegenüber der FFR?

1. Ein Druckdraht ist nicht erforderlich.
2. Eine Adenosingabe ist nicht erforderlich.
3. Der materielle Aufwand bei der Analyse einer 3-Gefäßberkrankung ist geringer.
4. Man benötigt nur eine Projektion des Zielgefäßes.
5. Läsionslänge, Referenzdiameter und Stenosegrad werden miterfasst.

Die Lösung finden Sie auf Seite 67.