

AutoISF2.2 - Kurzanleitung

Achtung: *Ich bin keine medizinisch ausgebildete Person und habe diese Methode rein auf der Grundlage von Versuchen und numerischen Experimenten entwickelt. Ich hatte zum Beispiel kein mathematisches Modell der Reaktionskinetik oder der freien Fettsäuren, die ein Grund für die vorübergehende Insulinresistenz sind.*

Einführung

AutoISF ist für den fortgeschrittenen Benutzer gedacht, der ein tiefes Verständnis von AAPS hat und das System so eingestellt hat, dass eine TIR von etwa 90 % oder besser erreicht wird. Wenn ein solcher Benutzer ehrgeizig ist und sich weiter verbessern möchte, können die enthaltenen Methoden sehr wohl helfen.

In diesem Dokument wird beschrieben, wie und wann der ISF automatisch angepasst wird, und es enthält kurze Beschreibungen der Gewichtungsfaktoren, um ihn auf Ihre individuellen Bedürfnisse abzustimmen. Detaillierte Anleitungen für spezielle Situationen und Beispiele werden später als separate Dokumente folgen, einschließlich der Ergebnisse der Verwendung im Closed-Loop-Modus, d. h. ohne Eingabe von Kohlenhydraten oder Insulin durch den Benutzer.

Die Anpassung des ISF basiert auf dem speziellen Glukoseverhalten und ergibt einen Anpassungsfaktor wie bei Autosense. Allerdings wird hier nur der ISF angepasst und keine andere Einstellung. Die analysierten Szenarien decken typischerweise die letzten 10-30 Minuten ab, und daher reagiert autoISF viel schneller auf Probleme oder Erholungen. Oft trieb mich Autosense wegen seiner verzögerten Reaktion in Hypos, selbst nachdem die Dinge wieder im Zielbereich waren, und ich deaktivierte Autosense, obwohl beide nebeneinander existieren können.

AutoISF ist Teil von oref1 in OpenAPS SMB und kann nicht mit dem neueren DynamicISF koexistieren, das daher in einem eigenen Plug-in als Alternative zu OpenAPS AMA und OpenAPS SMB enthalten ist.

Es gibt 4 verschiedene Effekte im Glukoseverhalten, die autoISF überprüft und auf die es reagiert:

1. **acce_ISF** ist ein von der Beschleunigung des Glukosespiegels abgeleiteter Faktor
2. **bg_ISF** ist ein Faktor, der sich aus der Abweichung der Glukose vom Zielwert ergibt
3. **delta_ISF** und **pp_ISF** sind Faktoren, die von Glukosanstieg delta abgeleitet sind
4. **dura_ISF** ist ein Faktor, der sich aus einem anhaltenden, hohen Glukosespiegel ergibt

Schließlich werden diese Faktoren untereinander und mit Autosense verglichen. Normalerweise wird der stärkste von ihnen verwendet, mit einigen Ausnahmen, die weiter unten beschrieben werden. Diese Faktoren funktionieren auf die gleiche Weise wie der Autosense-Faktor, d. h. die Insulinempfindlichkeit ISF wird durch den Faktor geteilt, um eine endgültige Empfindlichkeit ISF zu erhalten.

Auf der SMB-Registerkarte, Abschnitt Skript-Debug, können Sie jederzeit sehen, welche Werte bei der letzten Loopausführung zugewiesen wurden. Es werden auch Erklärungen angezeigt, falls der Faktor geändert werden musste oder warum er nicht verwendet werden kann. Einige Zwischenwerte wie dura_ISF_average sind ebenfalls aufgeführt. All dies ist auf der SMB-Registerkarte in den Abschnitten Glukosestatus, Profil und Skript-Debug zu sehen.

Wiederum in Analogie zu Autosense gibt es obere (autoISF_max) und untere (autoISF_min) Grenzen dafür, wie weit der ISF insgesamt verändert werden kann.

Analog zur Aktivierung von SMB gibt es eine Einstellung enable_autoISF, die bestimmt, ob autoISF überhaupt aktiviert ist oder nicht.

Die spezifischen Einstellungen für autoISF sind in einem eigenen Menü zusammengefasst, das sich am Ende des OpenAPS SMB-Menüs befindet. Ein Screenshot befindet sich im Anhang. Ein weiterer Trick, um sie zu finden, ist die Verwendung der Filtermethode oben auf der Seite "Einstellungen", die nach allen Einstellungen sucht, die die im Filterfeld eingegebene Zeichenfolge enthalten.

acce_ISF-Bestimmung und seine Auswirkung

Dies ist der jüngste Beitrag zu autoISF und ist seit Ende Dezember 2021 in Betrieb.

Damit sich Dinge wie Glukose oder Delta ändern können, muss es zunächst eine Beschleunigung geben. Die Beschleunigung erkennt daher solche Veränderungen früher und wird von autoISF genutzt, um präventive Maßnahmen zu ergreifen.

Glukose und Delta, ihre 1. Ableitung, spielen bei AAPS eine wichtige Rolle bei der Bestimmung des Insulinbedarfs. Die Beschleunigung, ihre 2. Ableitung, wurde bisher nicht berücksichtigt. Ein Grund dafür könnte sein, dass es schwieriger ist, sie aus dem Glukoseverlauf zu extrahieren, wenn man bedenkt, dass Delta bereits gemittelt werden musste, um ein zuverlässiges Signal zu liefern. In autoISF wird ein Best-Fit-Algorithmus verwendet, um die Parabel zu ermitteln, die am besten zu den Glukosedaten passt.

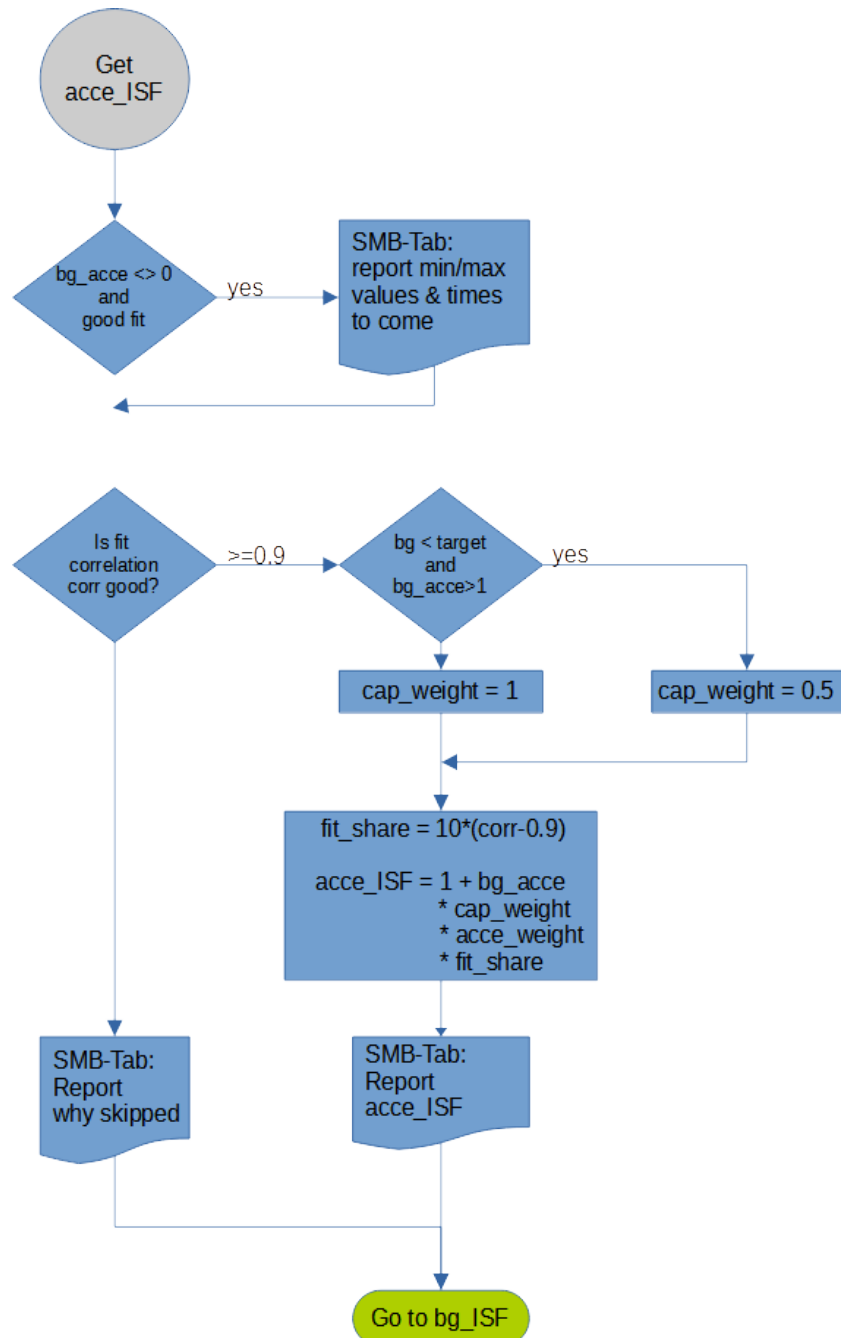
Sobald die Formel für die Parabel bekannt ist, ist es sehr einfach, die Beschleunigung zu bestimmen. Manchmal hat die Anpassung eine schlechte Korrelation, d. h. sie weicht zu stark von den Glukosemesswerten ab. In solchen Fällen gibt es keinen Beitrag der Beschleunigung und $\text{acce_ISF} = 1$.

Andernfalls wird acce_ISF wie folgt berechnet

$$\text{acce_ISF} = 1 + \text{acce_weight} * \text{fit_share} * \text{cap_weight} * \text{acceleration}$$

wobei fit_share ein Maß für die Qualität des Fits, von 0% falls inakzeptabel bis 100% falls perfekt;
 cap_weight ist 0,5 unter dem Zielwert und sonst 1,0;
 acce_weight ist $\text{bgAccel_ISF_weight}$ für positive Beschleunigung oder $\text{bgBrake_ISF_weight}$ für negative Beschleunigung.

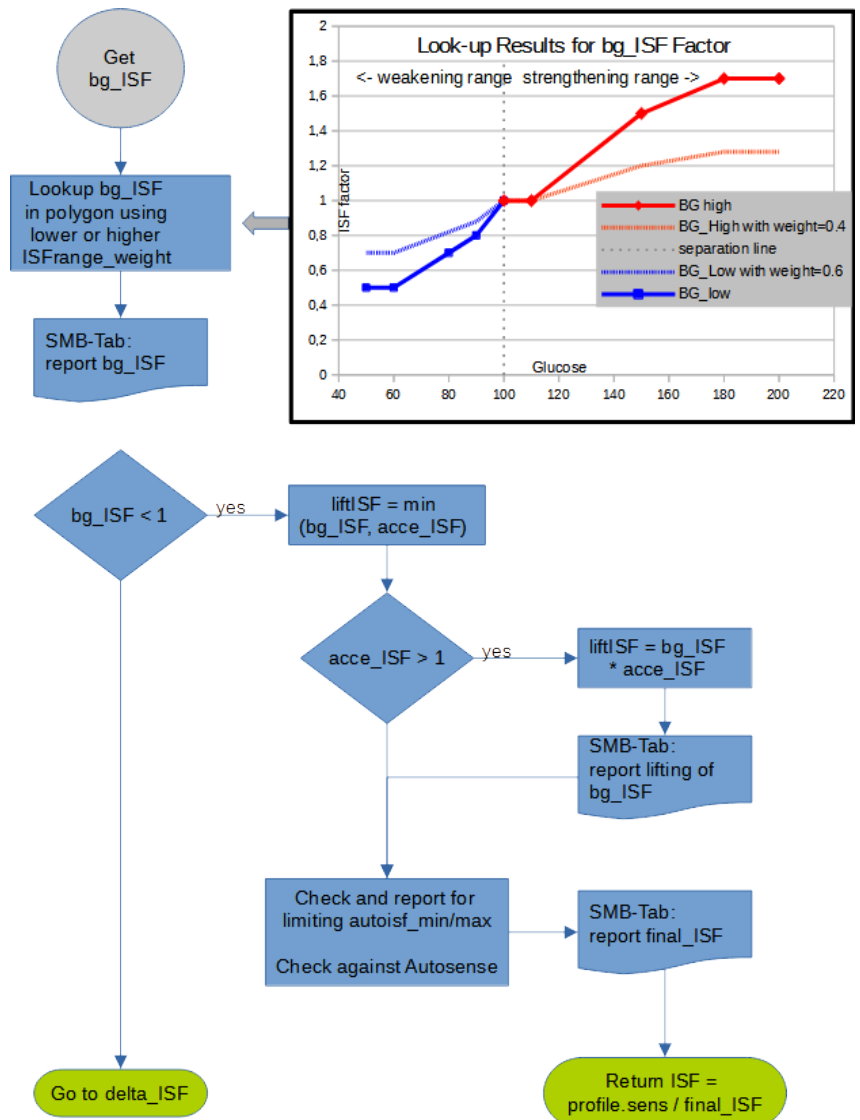
Anfangs nahm ich an, dass die Gewichte für das Beschleunigen und Bremsen ähnlich groß sind. Inzwischen gibt es anzeichen, dass das Gewicht beim Bremsen etwa 30-40% niedriger sein sollte um Schwingungen im BZ zu reduzieren. Häufig spielt der acce_ISF -Beitrag innerhalb von autoISF die dominierende Rolle und ist daher sehr wichtig und heikel. Gewichte für acce_ISF von 0 schalten diesen Beitrag aus. Beginnen Sie niedrig mit Gewichten wie 0,02 und beobachten Sie die Ergebnisse, bevor Sie sie erhöhen. Denken Sie daran, dass eine negative Beschleunigung schon einsetzt, während der Blutzucker scheinbar noch ansteigt, aber die Steigung abnimmt. In diesem Fall wird $\text{acce_ISF} < 1$ sein, d. h. die Empfindlichkeit nimmt zu und es wird weniger Insulin als normal benötigt, noch bevor der Glukosespitzenwert erreicht ist.



bg_ISF-Bestimmung und seine Auswirkung

Es gibt Anzeichen dafür, dass eine höherer Glukose einen stärkeren ISF erfordert. Dies zeigte sich daran, dass AAPS-Anwender erfolgreiche Automatisierungsregeln definierten, die das Profil bei höheren Glukosespiegeln verstärken. Der Nachteil ist, dass es an den Umschaltpunkten plötzliche Sprünge im ISF gibt und dazwischen keine oder nur geringe Anpassungen.

In autoISF wird ein Polygon benutzt, das eine Beziehung zwischen Glukose und ISF definiert und dazwischen interpoliert. Dieses Polygon ist derzeit fest kodiert, aber der Benutzer kann es mit Hilfe von Gewichten einfach verstärken oder abschwächen, um es an seine persönlichen Bedürfnisse anzupassen. Im Prinzip kann das Polygon selbst bearbeitet und die apk neu erstellt werden, wenn eine andere Form erforderlich ist. Die Entwicklung einer grafischen Benutzeroberfläche für diesen Zweck wurde als sehr mühsam erachtet, insbesondere bevor man weiß, ob die Ergebnisse den Aufwand rechtfertigen. Mit diesem Ansatz könnte man sogar die Formel, die in DynamicISF für die Abhängigkeit des ISF vom Blutzucker verwendet wird, gut genug annähern.



Es gibt zwei Gewichtungsfaktoren, je nachdem, ob der Glukosegehalt unter oder über dem Zielwert liegt:

lower_ISFrange_weight

Wird unterhalb des Zielwerts verwendet und schwächt den ISF umso mehr, je höher diese Gewichtung ist;
0 deaktiviert diesen Beitrag, d. h. der ISF ist im gesamten Bereich unterhalb des Zielwerts konstant.

Dieses Gewicht ist weniger kritisch, da der Loop wahrscheinlich mit TBR=0 läuft und Sie können mit 1 beginnen.

higher_ISFrange_weight

Wird über dem Zielwert verwendet und verstärkt den ISF umso mehr, je höher die Gewichtung ist.

0 deaktiviert diesen Beitrag, d. h. der ISF ist im gesamten Bereich über dem Ziel konstant..

Beginnen Sie mit einem Gewicht von 0,2 und beobachten Sie die Reaktionen und überprüfen Sie die Anzeigen im SMB-Tab, bevor Sie ihn vorsichtig erhöhen.

Das Ergebnis ist:

$$bg_ISF = 1 + xxx_ISFrange_weight * glucose_polygon_Lookup$$

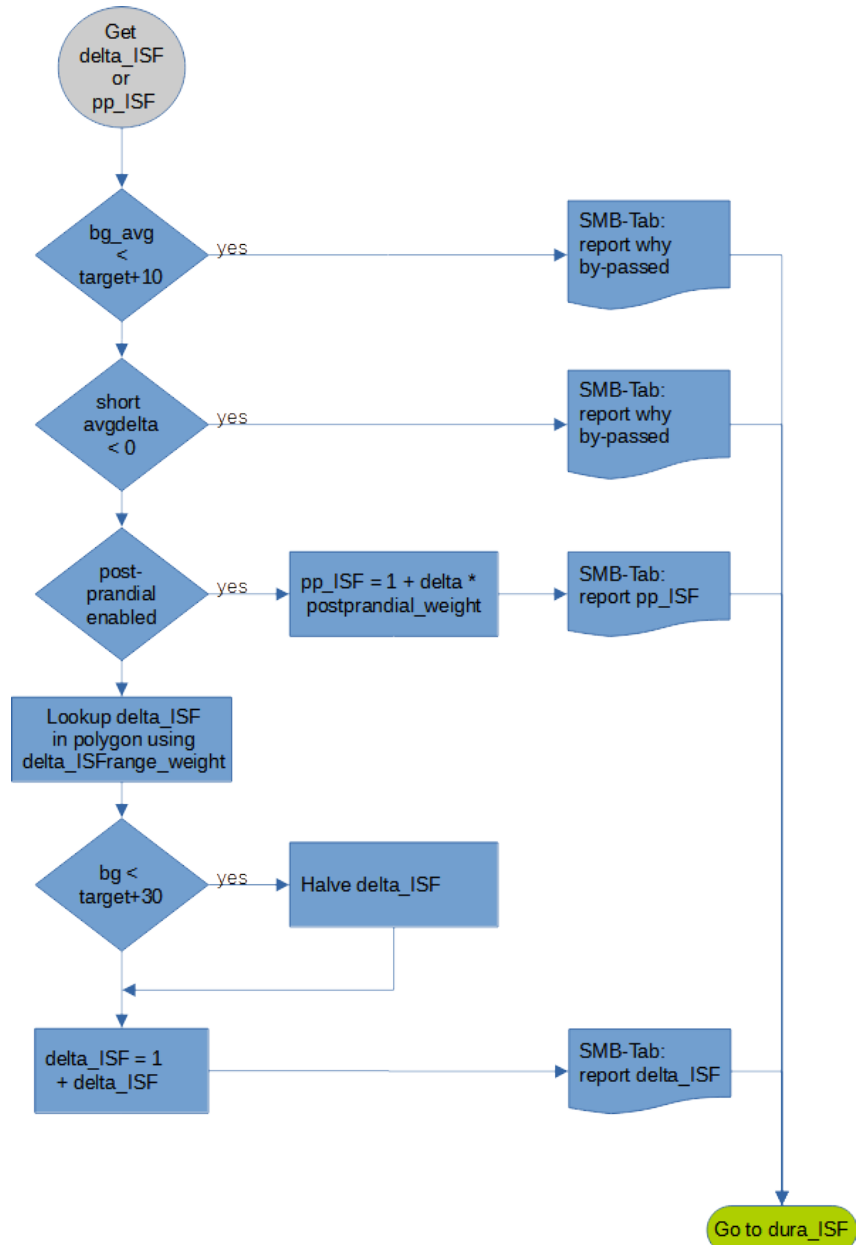
Es ist ein Sonderfall möglich, nämlich unterhalb des Zielwerts, d.h. wenn $bg_ISF < 1$. Dann wird ISF geschwächt und es macht keinen Sinn, die übrigen Auswirkungen zu überprüfen. Nur bei positiver Beschleunigung wird die Abschwächung weniger ausgeprägt sein, da dies ein Zeichen für einen baldigen Anstieg der Glukose ist.

Bestimmung von pp_ISF und delta_ISF und deren Auswirkung

Es gibt zwei alternative Effekte in autoISF, die auf Delta basieren. Der erste wird während der Verarbeitung der Nahrung aktiv und wurde eingeführt, um Benutzern mit Gastroparese zu helfen. Sie können ein Zeitfenster (*pp_ISF_hours*) festlegen, in dem dieser Effekt aktiv ist. Alternativ kann jeder Benutzer *enable_pp_ISF_always=true* einstellen, um ihn immer zu aktivieren. Letzteres ist auch die empfohlene Einstellung für UAM-Benutzer, da in ihrem Fall kein Mahlzeitenstart erkannt werden kann. Bei einem positiven *short_avgdelta* und einem durchschnittlichen Glukosegehalt über dem Zielwert +10 ist das Ergebnis:

$$pp_ISF = 1 + \text{delta} * pp_ISF_weight.$$

Verwenden Sie als Startwert für *pp_ISF_weight* 0,005. Beobachten Sie die Reaktionen und prüfen Sie die SMB-Registerkarte, bevor Sie den Wert vorsichtig erhöhen. Bei einer Gewichtung von 0 wird dieser Beitrag deaktiviert.



Wenn die postprandialen Einstellungen nicht aktiviert sind, wird mit der alternativen Methode nachgeahmt, was AAPS-Benutzer bei der Definition von Automatisierungsregeln zur Änderung von Profilen oder Zielen auf der Grundlage des Delta-Niveaus getan haben. Wie im Fall von *bg_ISF* wird wieder ein Polygon verwendet, um eine ISF-Änderung nachzuschlagen. Aus Sicherheitsgründen wird diese Änderung halbiert (*target_penalty*), wenn *bg < target+30*. Schließlich wird das *delta_ISFrange_weight* angewendet:

$$\text{delta_ISF} = 1 + \text{delta_ISFrange_weight} * \text{target_penalty} * \text{delta_polygon_Lookup}$$

Verwenden Sie als Anfangswert für *delta_ISFrange_weight* 0,02. Beobachten Sie die Reaktionen und prüfen Sie die SMB-Registerkarte, bevor Sie den Wert vorsichtig erhöhen. Eine Gewichtung von 0 schaltet diesen Beitrag aus.

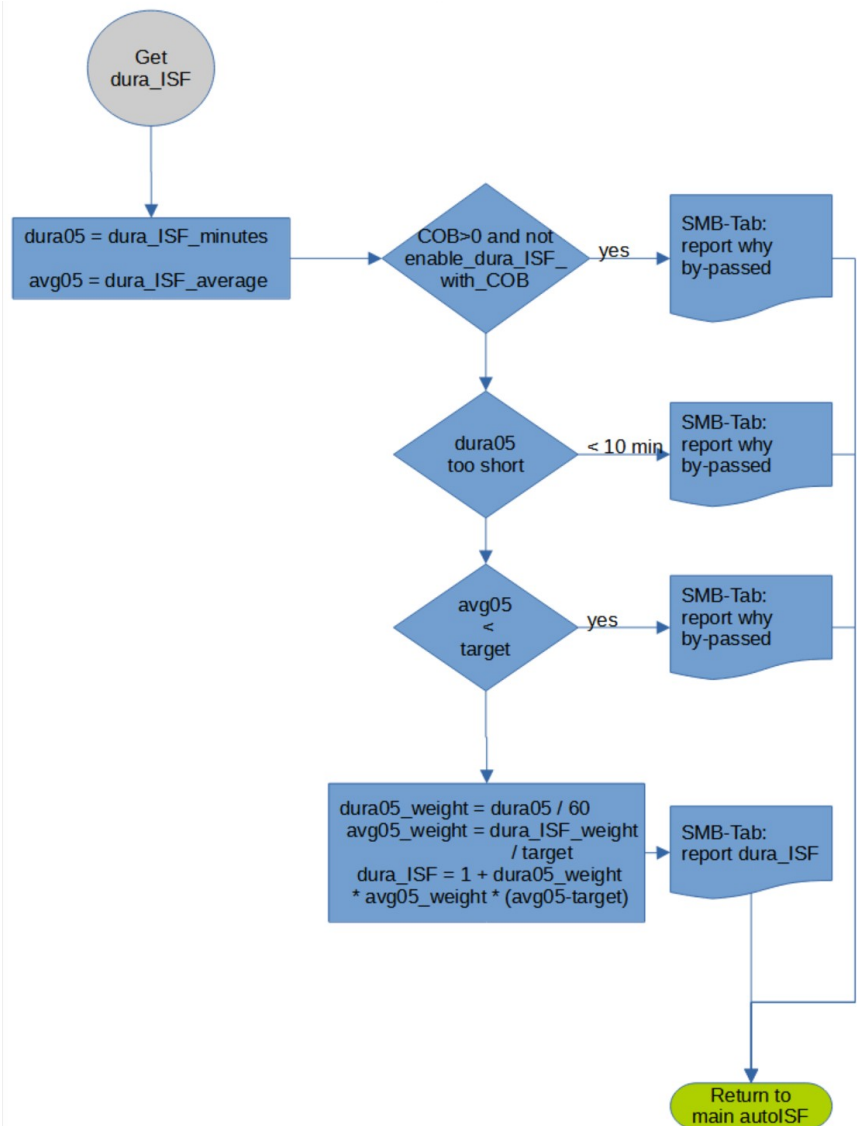
POLYGON x_data (delta)	POLYGON y_data (Lookup)	delta_ISF with weight=1.0	delta_ISF with weight=0.06
2	0	1	1,000
7	0	1	1,000
12	0,4	1,4	1,024
16	0,7	1,7	1,042
20	0,7	1,7	1,042

dura_ISF-Bestimmung und ihre Auswirkung

Dies ist der ursprüngliche Effekt von autoISF in Aktion seit August 2020. Da autoISF jetzt eine Toolbox mit mehreren Effekten ist, wurde dieser ursprüngliche Effekt in *dura_...* umbenannt. Er richtet sich an Situationen, in denen

- Die Glukose nur innerhalb eines Intervalls von +/- 5 % schwankt ;
- die durchschnittliche Glukose (*dura_ISF_average*) innerhalb dieses Intervalls über dem Zielwert liegt;
- diese Situation mindestens die letzten 10 Minuten andauerte (*dura_ISF_minutes*).

Dies ist eine klassische Insulinresistenz und wird in der Regel durch freie Fettsäuren verursacht, die das verfügbare Insulin vor der Glukose aufnehmen. Nicht selten werden Anwender in einer solchen Situation ungeduldig und verabreichen einen oder sogar mehrere unkontrollierte Boli. Das führt später immer wieder zu Hypos, die der *dura_ISF*-Ansatz bei sorgfältiger Abstimmung vermeidet.



Die Methode ist aktiv, wenn

- keine COB erkannt werden, z. B. lange Zeit nach einer Mahlzeit oder im reinen UAM-Modus;
- oder *enable_dura_ISF_with_COB=true*, d. h. auch wenn eine Mahlzeit noch verarbeitet wird.

Die Verstärkung des ISF ist umso stärker, je länger die Situation anhält und je höher der durchschnittliche Glukosegehalt über dem Zielwert liegt:

$$\text{dura_ISF} = 1 + \frac{\text{avg05-target_bg}}{\text{target_bg}} * \frac{\text{dura05}}{60} * \text{dura_ISF_weight}$$

wobei

$$\begin{aligned} \text{avg05} &= \text{dura_ISF_average} \\ \text{dura05} &= \text{dura_ISF_minutes} \end{aligned}$$

Der Benutzer kann seine persönliche Gewichtung mit *dura_ISF_weight* vornehmen. Beginnen Sie vorsichtig mit einem Wert von 0,2 und seien Sie sehr vorsichtig, wenn Sie sich 1,5 nähern oder noch höher. Mit dem Wert 0 wird dieser Effekt ausgeschaltet.

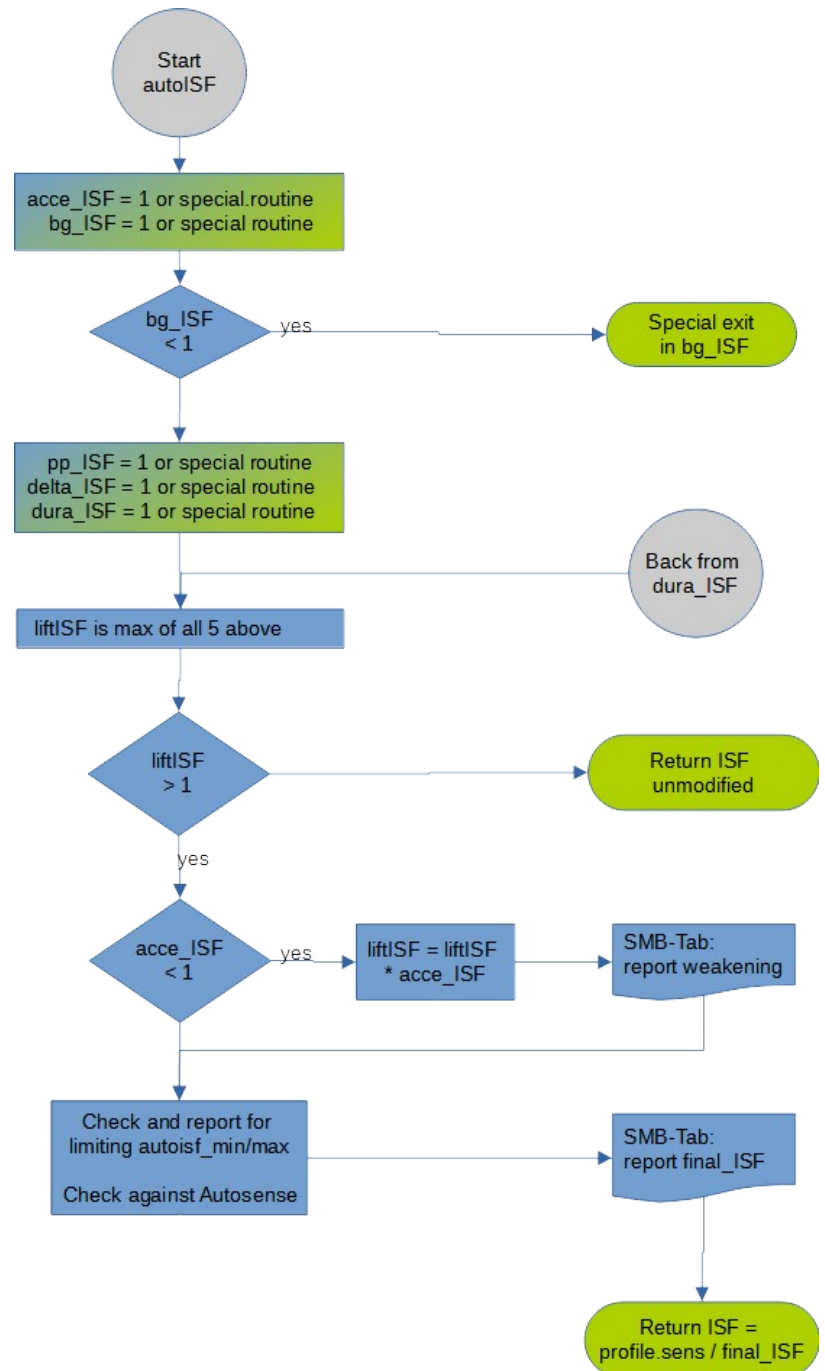
VORSICHT für Benutzer mit Libre CGMs:

Es kann Fehlerzustände in Ihrem CGM geben, die in diesem Zusammenhang wie eine lang anhaltende Resistenz aussehen. Daher sollten Libre CGM-Nutzer *dura_ISF_weight = 0* verwenden. Auf diese Weise können sie weiterhin von den anderen drei zuvor beschriebenen Effekten profitieren.

Das kombinierte Ergebnis aus den oben genannten Faktoren

Wie kann man nun, da die Faktoren für alle 4 Auswirkungen bekannt sind, ein Endergebnis ableiten? Im Normalfall wird der stärkste Faktor als einziger Faktor angewandt. Hier ist auch Autosense im Spiel. Aber was ist mit den Ausnahmen, d. h. wenn verschiedene Faktoren in unterschiedliche Richtungen wirken? In dieser Reihenfolge sind das:

- $bg_ISF < 1$, d. h. der Blutzucker liegt unter des Zielwertes
Wenn $acce_ISF > 1$ ist, d. h. der Blutzuckerspiegel ansteigt, obwohl er unter dem Zielwert liegt, werden beide Faktoren als Kompromiss zwischen ihnen multipliziert. Der schwächere von bg_ISF und Autosens wird dann zum endgültigen ISF-Wert.
- $acce_ISF < 1$, d.h. Glukose bremst, während alle anderen Effekte ISF verstärken wollen. In diesem Fall wird der stärkste der verbleibenden, positiven Faktoren mit $acce_ISF$ multipliziert, um einen Kompromiss zu finden. Dieser Gesamtfaktor wird mit Autosense verglichen, und der stärkere der beiden Faktoren wird zur Berechnung des finalen Sensitivität ISF verwendet.



In allen oben genannten Fällen werden auch die AutoISF-Grenzwerte für maximale und minimale Änderungen angewendet.

Anpassung der Abgaberate für SMB

Nachdem Sie alle Methoden zur Verstärkung des ISF gelesen haben, fragen Sie sich vielleicht, ob Ihr maxBolos immer so viel SMB zulässt, wie vom Loop mit einem solchen stärkeren ISF angefordert wird. Dies ist besonders wichtig für den reinen UAM-Modus, in dem man einige wenige, aber starke SMBs haben möchte, sobald die Mahlzeitenaufnahme von acce_ISF erkannt wird, um mit dem Prebolus und dem Mahlzeitbolus bei der Standardverwendung von AAPS gleichzuziehen. Mehrere Erweiterungen in autoISF können verwendet werden, um dieses Ziel zu erreichen:

- *smb_delivery_ratio* ist normalerweise als 0,5 des angeforderten Insulins fest kodiert. Dies ist eine Sicherheitsfunktion für Master/Follower-Setups für den Fall, dass beide Telefone in derselben Situation einen SMB auslösen. Wenn dies in Ihrem Fall nicht zutrifft, können Sie diese Einstellung auf einen Wert über 0,5 und sogar bis zu 1,0 erhöhen, wenn Sie sehr mutig sind. Am besten ist es, einen gewissen Spielraum zu lassen, wie bei der Einstellung für die maximale Abgabe im Bolusrechner.
- Alternativ zu einem höheren, aber festen Verhältnis können Sie ein linear ansteigendes Verhältnis verwenden, beginnend mit *smb_delivery_ratio_min* bei *target_bg* und ansteigend bis *smb_delivery_ratio_max* bei *target_bg+smb_delivery_ratio_bg_range*. Wenn *smb_delivery_ratio_bg_range=0* ist, wird dieser lineare Anstieg deaktiviert und stattdessen die obige *smb_delivery_ratio* verwendet.
- *smb_max_range_extension* ist ein Faktor, der die aktuellen Werte *maxSMBBasalMinutes* und *maxUAMSMBBasalMinutes* über die Grenze von 120 Minuten hinaus erhöht.

```
fixed SMB delivery ratio
0.7

variable SMB delivery ratio, lower end
0.65

variable SMB delivery ratio, upper end
0.95

variable SMB delivery ratio, mapped glucose
range
40

SMB/UAM max range extension
3
```

The screenshot shows the AAPS app interface with a top navigation bar containing 'HOME', 'AKT', 'COMBO', 'SMB', and 'BEH'. The 'SMB' tab is selected. The main display area shows various glucose management metrics: UAM Impact: 6 mg/dL per 5m; UAM Duration: 1.2 hours; minPredBG: 105 minIOBPredBG: 105 minZTGuardBG: 86; minCOBPredBG: 74; minUAMPredBG: 108; avgPredBG: 106 COB: 0.67742424242392 / 14; BG projected to remain above 94 for 35 minutes; BG projected to remain above 77 for 115 minutes; naive_eventualBG: 73 bgUndershoot: 4 zeroTempDuration: 115; zeroTempEffect: 52 carbsReq: -7; IOB 0.482 > COB 0.67742424242392; mealInsulinReq = 0.065; profile mealUAMSMBBasalMinutes: 120 profile current_basal: 0.4. A red rectangular box highlights the status message: 'SMB delivery ratio set to interpolated value 0.74'. Below this, more metrics are visible: naive_eventualBG 73, sum 0.136/n temp needed, last bolus 0.4m ago, maxBolos: 2.4. At the bottom, a 'Result' section shows: temp: "absolute", bg: 106, tick: "+3", and mealBG: 100.

20:17 58%

HOME AKT COMBO **SMB** BEH

UAM Impact: 6 mg/dL per 5m; UAM Duration: 1.2 hours
minPredBG: 105 minIOBPredBG: 105 minZTGuardBG: 86
minCOBPredBG: 74
minUAMPredBG: 108
avgPredBG: 106 COB: 0.67742424242392 / 14
BG projected to remain above 94 for 35 minutes
BG projected to remain above 77 for 115 minutes
naive_eventualBG: 73 bgUndershoot: 4 zeroTempDuration: 115
zeroTempEffect: 52 carbsReq: -7
IOB 0.482 > COB 0.67742424242392; mealInsulinReq = 0.065
profile mealUAMSMBBasalMinutes: 120 profile current_basal: 0.4

SMB delivery ratio set to interpolated value 0.74

naive_eventualBG 73, sum 0.136/n temp needed, last bolus 0.4m ago,
maxBolos: 2.4

Result : temp: "absolute"
bg: 106
tick: "+3"
mealBG: 100

Anhang: Tabelle mit allen autoISF-Einstellungen

Name	Verwendungszweck	Min - Max	Standard	Nützlicher Ausgangswert
Einstellungen, die sich auf autoISF als Ganzes beziehen				
enable_autoISF	Erlaubt die autoISF-Methoden	False - True	False	
autoISF_min	Niedrigster zulässiger ISF-Faktor	0.3 - 1.0	1	0.7 wie autosense_min
autoISF_max	Höchster zulässiger ISF-Faktor	1.0 - 3.0	1	1.2 wie autosense_max
Einstellungen im Zusammenhang mit acce_ISF, d. h. im Zusammenhang mit der Glukosebeschleunigung				
bgAccel_ISF_weight	Stärke des acce_ISF-Beitrags bei positiver Beschleunigung	0.0 - 1.0	0	0.02
bgBrake_ISF_weight	Stärke des acce_ISF-Beitrags bei negativer Beschleunigung	0.0 - 1.0	0	0.02
Einstellungen in Bezug auf pp_ISF und delta_ISF, d. h. Glukose delta				
enable_pp_ISF_always	Schalter zur Verwendung auch ohne COB	False - True	False	True für den UAM-Modus
pp_ISF_Stunden	Wie viele Stunden nach Beginn einer Mahlzeit die Wirkung aktiv ist	1 - 10	3	6 bei Gastroparese
pp_ISF_Gewicht	Stärke der Wirkung	0.0 - 1.0	0	0.005
delta_ISFrange_weight	Stärke der Wirkung außerhalb des obigen postprandialen Zeitfensters	0.0 - 1.0	0	0.02
Einstellungen in Bezug auf bg_ISF, d. h. Glukose, die vom Zielwert abweicht				
lower_ISFrange_weight	Stärke der Wirkung von bg_ISF, wenn $bg < \text{Ziel}$	0.0 - 2.0	0	1
higher_ISFrange_weight	Stärke der Wirkung von bg_ISF, wenn $bg > \text{Ziel}$	0.0 - 2.0	0	0.2
Einstellungen in Bezug auf dura_ISF, d. h. in Bezug auf bei hohen Werten "eingefrorener" Glukose				
enable_dura_ISF_with_COB	dura_ISF aktivieren, selbst wenn COB vorhanden ist	False - True	False	
dura_ISF_weight	Stärke der dura_ISF-Wirkung;	0.0 - 3.0	0	0.2
Einstellungen in Bezug auf die SMB-Abgaberate				
smb_delivery_ratio	Erhöhen Sie den AAPS-Standard 0,5 des InsulinRequired	0.5 - 1.0	0.5	0.6
smb_delivery_ratio_min	Minimum für linear ansteigende Rate bei $bg = \text{target_bg}$	0.5 - 1.0	0.5	0.5
smb_delivery_ratio_max	Maximum für linear ansteigende Rate bei $bg = \text{target_bg} + \text{smb_delivery_ratio_bg_range}$	0.5 - 1.0	0.9	0.8
smb_delivery_ratio_bg_range	Breite des bg-Bereichs bis zum Erreichen der maximalen Rate	0.0 - 100	0	40
smb_max_range_extension	Faktor für maxSMBBasalMinutes und maxUAMSMBBasalMinutes	1.0 - 5.0	1	1.5

Anhang: Screenshots des autoISF-Menüs

